

Botanische Versuche ohne Apparate

Ein Experimentierbuch für jeden Pflanzenfreund

von

Dr. Hans Molisch

emer. o. ö. Professor und Direktor des pflanzenphysiologischen Institutes an der Universität in Wien

Show the author
Mit 62 Abbildungen im Text
Molisch
13-7-1931



Jena
Verlag von Gustav Fischer
1931

Überreicht vom Verfasser

Alle Rechte vorbehalten

Printed in Germany

*Motto: Je einfacher das Experiment, desto
schöner ist es.*

Vorwort.

Glauben Sie, daß es möglich ist, den Fußtritt einer Stubenfliege ohne Apparate hörbar zu machen? — Halten Sie es für möglich, die Brownsche Molekularbewegung dem freien, unbewaffneten Auge sichtbar zu machen?

Was würden Sie dazu sagen, wenn jemand behaupten würde, das Licht der Sonne oder der Lampe könne durch mehrere Zentimeter dickes Holz hindurchgehen und gesehen werden?

Diese drei Fragen habe ich oft meinen Schülern und auch Kollegen vorgelegt; sie blickten mich verwundert und erstaunt an und immer war die Antwort: Nein, das halte ich nicht für möglich. — Aber es ist möglich.

1. Um den Fußtritt einer Stubenfliege zu hören, genügt es, sich zur Sommerszeit auf ein Ruhebett zu legen und das Ohr mit einem Blatt Papier zu bedecken. Sobald sich auf das Papier eine Fliege setzt und darüber läuft, wird man jeden Schritt deutlich vernehmen. Ohne Mikrophon, ohne Verstärker, ohne jeden Apparat.

2. Jeder tote, genügend fein verteilte, im Wasser schwebende Körper zeigt im Mikroskop beständig eine wimmelnde, tanzende Bewegung. Eine Tusche-, Karmin- oder Gummigut-Suspension oder ein Milchsafttropfen zeigt bei starker Vergrößerung im Mikroskop diese als Brownsche Molekularbewegung benannte Erscheinung.

Aber durch eine höchst einfache Anordnung konnte ich zeigen, daß diese Bewegung auch ohne Mikroskop mit freiem Auge gesehen werden kann. Man hat nur nötig, eine Glasplatte, etwa in Form eines Objektträgers zu nehmen, darauf einen Milchsafttropfen von der Wolfsmilch, *Euphorbia splendens*, zu geben, mit einem Deckglas zu bedecken und im direkten Sonnenlichte zu betrachten. Man hält in deutlicher Sehweite den Objektträger lotrecht oder etwas schief, läßt das direkte Sonnenlicht schief einfallen und beobachtet im durchfallenden Licht. Bei richtiger Stellung taucht zur Überraschung des Beobachters die tanzende und wimmelnde Bewegung der Harzkügelchen auf und gibt sich in einem eigenartigen Flimmern und Wimmeln der in prachtvollen Interferenzfarben schimmernden mikroskopischen Teilchen kund. Man sieht zwar nicht die Teilchen selbst, wohl aber ihre Bewegung, da die um die Milchsaftkügelchen entstehenden Beugungsscheibchen auf der Netzhaut viel größere Bilder hervorrufen als die Kügelchen selbst. —

3. Bei der dritten Frage handelt es sich im Grunde genommen, um einen wissenschaftlichen Scherz. Daß das Licht der Sonne oder einer Lampe tatsächlich durch dickes Holz hindurchgeht, läßt sich leicht zeigen, wenn man ein 3—5 cm langes Stück eines „spanischen Rohres“ (*Calamus rotang*), dessen Enden quer abgeschnitten sind, auf die Sonne richtet und der Länge nach durchblickt. Man sieht dann deutlich das Licht am oberen Ende wie durch ein Sieb eintreten. Das spanische Rohr, bekanntlich der Stamm einer Palmenliane, wird der Länge nach von verhältnismäßig weiten Röhren, den Holzgefäßen, durchsetzt und durch diese tritt das Licht ungehindert durch bis ans andere, dem Auge zugekehrten Ende und schließlich in das Auge hinein.

Wir sehen also, daß das, was auf den ersten Blick unmöglich erscheint, doch möglich ist und in der einfachsten Weise ohne Zuhilfenahme irgendwelcher Apparate bewiesen werden kann.

In der Natur gibt es an der Pflanze auf Schritt und Tritt viel zu sehen, den meisten Menschen bleibt es aber verborgen, sie gehen sozusagen blind durch Wald und Flur.

Wir besitzen mehrere vortreffliche pflanzenphysiologische Praktika, größere und kleinere, die uns viel Wissenswertes mit Hilfe einfacher und komplizierter Apparate und Instrumente mitteilen. Aber dieses mein Buch will von Apparaten ganz absehen, denn es sollen zahlreiche Beobachtungen und Versuche ganz ohne Apparate demonstriert werden. Höchstens, daß eine Nadel, ein Strohhalbm, eine Glasröhre, ein Streichholz oder sonst eine Kleinigkeit zur Durchführung des Experimentes herangezogen wird. So wird der Beobachter in den Stand gesetzt, gleich im Freien bei einem Spaziergang in Wald und Flur wichtige und interessante Lebenserscheinungen der Pflanze sozusagen spielend kennenzulernen.

Die moderne Jugend neigt heute stark zur Technik hin, sie interessiert sich lebhaft für das Auto, Flugzeug, Radio und das ist gewiß begrüßenswert, aber selten sieht man einen Knaben, der einen Stein sinnend betrachtet, einen Käfer, einen Schmetterling ansieht oder eine Pflanze sammelt, um sie genauer zu untersuchen.

Es würde mir zu großer Freude gereichen, wenn dieses Buch dazu beitragen würde, die Jugend der Mittel- und Hochschule zur Natur zurückzuführen und dafür zu interessieren.

Vielleicht wird diese Schrift allen Botanikern und Pflanzenfreunden willkommen sein, namentlich jenen Lehrern, die botanische Ausflüge machen und nicht bloß, wie es leider auch heute noch oft geschieht, nur die Namen der Pflanzen nennen, aber nichts darüber sagen, was an diesen interessant, bemerkenswert und lehrreich ist. Viele der geschilderten Versuche sind neu oder finden sich nicht in anderen Büchern. So wird dieses Buch vieles bieten, was in pflanzenphysiologischen Praktika nicht zu finden ist, und eine Ergänzung dazu liefern, die um so willkommener sein dürfte, als sie ohne Apparate gewonnen wird.

Bei der Druckkorrektur und der Herstellung dreier Zeichnungen wurde ich von Herrn Dr. H. Germ wirksam unterstützt und bei der Herstellung von vier Photographien und der Durchsicht der Korrekturen erfreute ich mich der Hilfe des Herrn Dr. R. Biebl.

VI

Diesen beiden Herren sage ich für ihre Mithilfe meinen herzlichsten Dank.

Auch meinem Verleger, Herrn Dr. Gustav Fischer, gebührt für sein stetes Entgegenkommen und die ausgezeichnete Ausstattung dieses Buches mein bester Dank.

Wien, im April 1931.

Hans Molisch.

Inhaltsübersicht.

| | Seite |
|--|-------|
| Einleitung | I |
| I. | |
| Anatomisches und Morphologisches | 2 |
| 1. Zellen, schon mit freiem Auge zu sehen | 2 |
| 2. Das Ausziehen von Schraubenbändern aus den Holzgefäßen | 3 |
| 3. Skelettierung der Blätter | 4 |
| 4. Auffallende Brüchigkeit der Zweige | 5 |
| 5. Nord und Süd im Jahresring | 5 |
| 6. Rotfärbung von Pflanzen durch rote Chlorophyllkörner. | 7 |
| 7. Die weiße Farbe der Blüten und Blätter | 8 |
| 8. Die schwarze Farbe. | 11 |
| 9. Perldrüsen | 12 |
| 10. Der Wasserkelch der Blütenknospe von <i>Aconitum variegatum</i> L. | 13 |
| 11. Schraubige Drehung der Blätter | 13 |
| 12. Spiraldrehung in der Blüte von <i>Phaseolus</i> | 15 |
| 13. Anisophyllie | 15 |
| II. | |
| Physikalisches | 16 |
| 1. Über die Sichtbarmachung der Bewegung mikroskopisch kleinster Teilchen für das freie Auge | 16 |
| 2. „Eisblumen“ im warmen Zimmer. | 18 |
| 3. Milchsaftringe | 19 |
| 4. Die Blutfarbe in den Fingerspitzen sichtbar gemacht. | 20 |
| 5. Das Urphänomen Goethes | 21 |
| 6. Farben ohne Farbstoffe | 22 |
| 7. Eine eigenartige Farbenänderung | 23 |
| 8. Fluoreszenz des Äskulins und Fraxins | 24 |
| 9. Seifenblasen, direkt mit dem Saft von Pflanzen erzeugt. | 24 |
| 10. Über die auffallende Erwärmung schwimmender Algenrasen | 26 |
| 11. Welche Temperaturen nehmen Pflanzenteile in direktem Sonnenlichte an? | 27 |
| 12. Gasbewegung | 29 |
| 13. Über Benetzbarkeit der Blätter | 31 |
| 14. Ein ins Wasser getauchter Finger bleibt trocken. | 33 |
| 15. Erschütterungsbewegung wachsender Sprosse | 34 |
| 16. Blätter, durch die man sehen kann. | 35 |

III.

| | |
|---|----|
| Chemisches | 36 |
| 1. Saure und alkalische Säfte | 36 |
| 2. Pflanzen, die Trimethylamin aushauchen | 36 |
| 3. Das Ausspritzen von Ameisensäure durch Ameisen | 37 |
| 4. Cumarinduft | 37 |
| 5. Über Eisenspeicherung nach dem Tode | 38 |
| 6. Bräunung und Vergrauung des Holzes | 39 |
| 7. Versuche mit Anthokyan | 41 |
| a) Wandlung der Anthokyanfarbe in ein und derselben Blüte | 41 |
| b) Verhalten anthokyanhaltiger Blüten in Salzsäure- und Ammoniakdämpfen | 42 |
| c) Anthokyan und Schwefeldioxyd | 42 |
| d) Anthokyan und Temperatur | 43 |
| e) Über eine auffallende Farbenwandlung einer Blüte durch Wassertropfen und Kohlensäure | 44 |
| f) Über Steigerung der Anthokyanbildung | 45 |
| g) Über den Farbenwechsel anthokyanhaltiger Blätter bei rasch eintretendem Tode | 47 |
| 8. Über das Auftreten von Vanillin im Holze | 48 |
| 9. Farbenänderungen | 49 |
| a) Über die Farbenwandlungen einiger Blüten | 49 |
| b) Über die überaus rasche Farbenänderung eben getöteter Gewebe | 51 |
| c) Über den Todesring | 53 |
| d) Die Braungelb- oder Goldgelbfärbung gewisser, sehr säurereicher Pflanzen | 56 |
| e) Über das Weißwerden toter Blätter im Sonnenlichte | 56 |
| f) Über die Umwandlung grüner Elodea-Pflanzen in braune | 57 |
| 10. Salpeterpflanzen | 58 |

IV.

| | |
|------------------------|----|
| Physiologisches | 59 |
|------------------------|----|

A.

| | |
|---|----|
| Ernährung | 59 |
| 1. Bleichsucht oder Chlorose | 59 |
| 2. Panaschierung | 60 |
| 3. Die Wurzelknöllchen der Hülsenfrüchtler, Erlen und Ölweiden | 60 |
| 4. Wurzelhaustorien der Halbschmarotzer | 62 |
| 5. Versuche über die Bewegung des Wassers in der Pflanze | 62 |
| a) Quellung | 63 |
| b) Das Holz, die eigentliche Wasserbahn | 64 |
| c) Osmose | 65 |
| d) Wurzeldruck | 65 |
| e) Guttation | 66 |
| f) Über die Durchbrechung des Bodens durch die Schuppenwurz, Lathraea squamaria | 67 |

| | Seite |
|--|-------|
| g) Blüten | 68 |
| h) Eiszapfen auf blutenden Bäumen | 69 |
| i) Der Schleimfluß der Bäume | 70 |
| j) Kapillarität | 71 |
| k) Transpiration | 74 |
| a) Die Infiltrationsmethode | 76 |
| β) Die Kobaltmethode | 78 |
| γ) Die Cellophanmethode | 78 |
| δ) Welken abgeschnittener Sprosse | 79 |
| l) Der umgekehrte Saftstrom | 79 |
| m) Die Aufnahme von Wasser durch Blätter | 80 |
| 6. Der Assimilationsstrom | 81 |

B.

| | |
|---|----|
| Atmung | 84 |
| a) Wärmeentwicklung der Blätter | 85 |
| b) Wärmeentwicklung der Aroideen | 87 |
| c) Wärmeentwicklung der Bakterien | 87 |

C.

| | |
|---------------------------------|----|
| Über Lichtentwicklung | 89 |
| a) Die Goldalge | 89 |
| b) Das Leuchtmoos | 90 |
| c) Leuchtendes Holz | 91 |
| d) Leuchtende Blätter | 93 |

D.

| | |
|---|----|
| Wachstum | 94 |
| a) Schnelligkeit | 94 |
| b) Licht und Wachstum | 96 |
| c) Etiolement oder Vergeilung | 97 |

E.

| | |
|----------------------------|----|
| Gewebespannung | 98 |
| a) Längsspannung | 99 |
| b) Querspannung | 99 |

F.

| | |
|--|-----|
| Die Ruheperiode | 100 |
| a) Aufhebung der Ruheperiode | 102 |
| b) Warmbad und Ruheperiode | 104 |

G.

| | |
|--------------------------------------|-----|
| Bewegungen | 105 |
| 1. Quellungsbewegungen | 107 |
| a) Pinus silvestris-Zapfen | 108 |
| b) Picea excelsa-Zapfen | 109 |

| | Seite |
|---|-------|
| c) Polytrichum-Blättchen | 110 |
| d) Immortellen | 111 |
| e) Carlina acaulis | 111 |
| f) Helichrysum | 111 |
| g) Ammobium alatum | 112 |
| h) Die Fruchtkapseln von Epilobium-Arten | 113 |
| 2. Wachstumsbewegungen | 113 |
| a) Geotropismus | 113 |
| b) Heliotropismus | 116 |
| a) Fixe Lichtlage | 117 |
| β) Variable Lichtlage | 118 |
| γ) Kompaßpflanzen | 118 |
| δ) Zusammenwirken von Geo- und Heliotropismus | 118 |
| ε) Änderung der Art des Heliotropismus | 119 |
| 3. Turgorbewegungen | 119 |
| Oxalis acetosella | 120 |
| Robinia pseudacacia | 120 |
| Berberis vulgaris | 121 |
| Helianthemum chamaecistus | 122 |
| Portulaca | 123 |
| Kompositen | 123 |
| Reizbare Narben | 125 |
| Der Pflanzenschlaf | 126 |

H.

| | |
|---|-----|
| Vom Erfrieren und Gefrieren der Pflanze | 129 |
| a) Welken knapp über Null | 129 |
| b) Der Eistod | 130 |
| c) Stirbt die Pflanze erst beim Auftauen? | 130 |
| d) Die Stellung mancher Blätter bei Temperaturen unter Null | 131 |

I.

| | |
|--|-----|
| Die Lebensdauer und ihre Feststellung bei einigen Pflanzen | 131 |
| a) Wie kann das Alter einer Pflanze bestimmt werden? | 131 |
| b) Laubmoose | 132 |
| c) Lycopodium | 133 |
| d) Polygonatum und andere Wurzelstockpflanzen | 133 |
| e) Alter der Bäume | 134 |
| f) Ungleiche Lebensdauer der beiden Geschlechter | 135 |
| g) Blüten | 136 |
| h) Blätter | 138 |
| i) Die Vergilbung der Blätter | 140 |
| a) Lichtabschluß | 140 |
| β) Temperatur | 141 |
| γ) Sauerstoff | 141 |
| δ) Alterserscheinung | 142 |
| ε) Verzögerung der Vergilbung | 143 |

| | Seite |
|--|-------|
| j) Der Laubfall | 146 |
| a) Laubfall und Transpiration | 146 |
| β) Laubfall und Licht | 147 |
| γ) Laubfall und Sauerstoff | 147 |
| δ) Laubfall und Tabakrauch | 148 |
| k) Über die Verlängerung der Lebensdauer der Eintagsblüten . . | 149 |
| Portulaca | 149 |
| Oenothera | 149 |
| Helianthemum | 150 |

J.

| | |
|---|-----|
| Die Fortpflanzung | 150 |
| 1. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung | 151 |
| a) Wurzelstecklinge | 152 |
| b) Blattstecklinge | 152 |
| c) Sproßindividualität | 154 |
| d) Blütenpflanzen, die gewöhnlich keine Früchte hervorbringen . | 159 |
| 2. Die geschlechtliche Fortpflanzung | 160 |
| Bestäubung | 161 |
| a) Dichogamie | 162 |
| b) Heterostylie | 163 |
| c) Zur Bestäubung der Orchideenblüte | 166 |
| d) Kleistogamie | 168 |

K.

| | |
|--|-----|
| Verbreitung der Sporen, Samen und Früchte | 168 |
| a) Pilzsporen | 169 |
| b) Kleinheit der Samen | 170 |
| c) Flugeinrichtungen | 170 |
| d) Anhäkelnde und widerhakige Früchte | 171 |
| e) Schleuderfrüchte | 171 |
| f) Einbohren der Geraniaceenfrüchte in den Boden | 171 |
| h) Myrmecochorie | 173 |

V.

| | |
|--|-----|
| Verschiedenes | 174 |
| 1. Blütenstaub und Heuschnupfen | 174 |
| Der Heuschnupfen | 174 |
| Der Platanenhusten | 175 |
| 2. Die Hummel bemächtigt sich auf kürzestem Wege des Nektars bei gewissen Blüten | 175 |
| 3. Vicia sepium und Lamium maculatum, Ameisenpflanzen | 176 |
| 4. Die Purpurblüte in der Dolde der Mohrrübe, Daucus carota | 177 |
| 5. Schattenbilder an Blättern | 178 |
| 6. Blüten, die am Abend und während der Nacht duften, bei Tage aber nicht | 179 |
| 7. Das Aufblühen der Nachtkerze, Oenothera biennis | 180 |

XII

| | Seite |
|---|-------|
| 8. Das Abfallen der Blumenkrone nach Erschütterung | 181 |
| 9. Explodierende Staubgefäße | 184 |
| 10. Ein auffallendes Geknatter beim Erhitzen gewisser Blätter | 185 |
| 11. Pilze als Artilleristen | 186 |
| 12. Das Eindringen der Winterknospen kriechender Brombeersprosse in den Boden | 188 |
| 13. Der Einfluß des Kastrierens auf das Schließen der Blüten von <i>Portulaca</i> | 188 |
| 14. Honigtau | 189 |
| 15. Über die Ausscheidung von Sauerstoffblasen durch die weibliche Blüte der Wasserpest, <i>Elodea canadensis</i> | 190 |
| 16. Schluß | 192 |

VI.

| | |
|----------------------------|-----|
| Literatur | 193 |
|----------------------------|-----|

VII.

| | |
|-------------------------------|-----|
| Sachregister | 195 |
|-------------------------------|-----|

*Das schönste, großartigste und wunderbarste
Laboratorium ist und bleibt die Natur.*

Einleitung.

Da die folgenden Versuche und Beobachtungen zum großen Teile in der freien Natur gemacht werden und dabei von vornherein auf jede Apparatur verzichtet wird, so darf nicht erwartet werden, daß dieses Buch alle wesentlichen Erscheinungen der Pflanzenphysiologie zum Gegenstande hat, denn vieles läßt sich ohne Apparatur nicht vorzeigen.

Aber trotzdem wird jeder, der die Experimente dieses Buches wiederholt, viel lernen, sie werden jeden Spaziergang in Wald und Flur interessanter gestalten und der Beobachter wird oft überrascht sein, mit wie einfachen Mitteln anregende Versuche gemacht werden können. Das geflügelte Wort vom „Ei des Kolumbus“ wird dem Beobachter oft in Erinnerung gebracht werden, wenn ihm Dunkles, Rätselhaftes durch ein einfaches Experiment plötzlich aufgehellt wird. — Es war während meiner wissenschaftlichen Laufbahn stets mein Bestreben bei Anstellung eines Versuches, darüber nachzusinnen, wie er in der einfachsten Weise bewerkstelligt werden kann. Von diesem Bestreben geleitet, erlebte ich manche schöne Entdeckerfreude.

Man sehe sich von dem geäußerten Gesichtspunkte aus die Experimente in Darwins inhaltsreichem Werke „Das Bewegungsvermögen der Pflanze“ an und wird wieder bestätigt finden, wie man ohne schweres Geschütz, nur mit Behelfen, auf die das Wort Apparat durchaus nicht paßt, zu überraschenden und sehr wertvollen Ergebnissen kommen kann. Dies gilt übrigens nicht bloß von der Biologie, sondern auch von anderen Wissenschaften, z. B. von der Chemie und der Physik. Die Wunder, die uns die drahtlose Telegraphie und die Radioaktivität bietet, können zum Teil von jedem Schulknaben mit sehr einfachen Vorrichtungen oder Bastlerapparaten leicht angestellt werden.

Die Versuche sind in allgemein verständlicher Sprache geschildert; jeder, auch der, der nur wenig von der lieblichen Wissenschaft versteht, wird den Ausführungen folgen können. Mirschwebten bei der Darstellung als Muster die durch ihre Klarheit so berühmt gewordenen Vorlesungen des hervorragenden Chemikers und Physikers Michael Faraday vor, die er vor kleinen Knaben und Mädchen 1860 in London über „die Naturgeschichte einer Kerze“ hielt *).

I.

Anatomisches und Morphologisches.

I.

Zellen, schon mit freiem Auge zu sehen¹⁾.

Die Pflanzen bauen sich bekanntlich, abgesehen von den Einzellern, in der Regel aus außerordentlich kleinen Bläschen, „Zellen“ genannt, auf. Diese können wegen ihrer Kleinheit zumeist nur mit dem Mikroskop gesehen werden. Es gibt aber Fälle, wo die Zellen eine so ansehnliche Größe erreichen, daß sie schon mit unbewaffnetem Auge eben gesehen werden können. Eine dazu geeignete Pflanze ist die zu den Balsaminaceen gehörige Gattung *Impatiens*. Schneidet man aus dem ausgewachsenen, krautigen Stengel des gewöhnlichen „Rühr-mich-nicht-an“, *Impatiens noli tangere* oder des kleinblütigen Springkrautes *I. parviflora* oder der Gartenbalsamine eine 1 mm dicke Querscheibe heraus und hält sie über einen dunkeln Untergrund, so glaubt man eine Bienenwabe zu sehen. Die Scheibe besteht aus einem Netz vieleckiger Zellen, die, obwohl klein, doch schon mit bloßem Auge wahrnehmbar sind. Die Pollenkörner, die den Blütenstaub bilden, sind von verschiedener Größe, aber manchmal so groß, daß sie namentlich der Kurzsichtige als kleine Pünktchen wahrnehmen kann. Verhältnismäßig groß sind die Pollenkörner des Kürbis, *Cucurbita pepo*, anderer Cucurbitaceen und der Malven.

Am Grunde der Teiche und Bäche wächst nicht selten eine zu den Armleuchtergewächsen oder Characeen gehörige Alge, die *Nitella*. Ihre Hauptachse besteht aus langen Internodien (Stengelgliedern) und kurzen Knoten, von denen Seitenäste in Quirlen entspringen. Diese Internodien bestehen aus einer einzigen auffallend großen Zelle von deutlich sichtbarer Länge und Breite. —

*) Reklams Universalbibliothek, Nr. 6019, 6020. Übersetzt von Günther Bugge. Leipzig 1919.

Das Baumwollhaar, das der Samenschale der Baumwollstaude in großer Zahl aufsitzt und eine der wichtigsten Gespinnstfasern liefert, ist eine mit freiem Auge gut sichtbare, 1—5 cm lange Zelle, obwohl ihr Querschnitt ein mikroskopisch kleiner ist.

Ein kleines 0,5 cm großes Stück einer gekochten Kartoffelknolle wird zwischen Daumen und Zeigefinger gequetscht, in ein mit Wasser versehenes Proberöhrchen getan und kräftig geschüttelt. Man sieht dann die gröberen Teile rasch zu Boden sinken, ein Teil aber bleibt in Form kleiner Pünktchen einige Zeit schweben. Dies sind die durch das Kochen isolierten Zellen, die man nun mit freiem Auge sieht.

2.

Das Ausziehen von Schraubenbändern aus den Holzgefäßen.

Schon den ältesten Pflanzenanatomen war es bekannt, daß viele Gefäße an ihrer inneren Oberfläche mit Schraubenbändern versehen sind. Dadurch erhalten diese Gefäße ein ähnliches Aussehen wie die den Insektenkörper durchziehenden Atmungsorgane, die Tracheen. Heute weiß man, daß die Schrauben- oder Spiralgefäße der Pflanze nicht der Atmung, sondern der Wasserleitung dienen.

Die Schraubenbänder sind nur ganz lose an der Innenwand der Gefäße befestigt und können bei gewissen Pflanzen leicht auf weite Strecken aus den Gefäßen herausgezogen werden, besonders leicht und schön bei der Liliacee *Agapanthus umbellatus*. Es ist dies eine sehr beliebte, aus Südafrika stammende Zierpflanze, mit in Dolden stehenden blauen Blüten und saftigen linealen Blättern. Hält man ein frisch gepflücktes Blatt zwischen beiden Händen, zerreißt es und entfernt langsam die beiden Rißflächen voneinander, so sieht man feine spinnwebartige Fäden, die wie die Saiten einer Harfe den Zwischenraum zwischen den beiden Wundflächen überbrücken. Diese Fäden, die bis auf 5—10 cm und mehr herausgezogen werden können, sind nichts anderes als die losgelösten Schraubenbänder der Schraubengefäße. Der Beweis dafür läßt sich leicht erbringen, indem man die Fäden auf einen Objektträger aufnimmt und mikroskopisch untersucht.

Bei diesem Zerreißungsversuch kann auch gleichzeitig beobachtet werden, wie aus den Wunden des Blattes massenhaft weißlicher Schleim hervorquillt.

Bei gewissen Pflanzen können sogar beim Zerreißen der Blätter oder ihrer Blattstiele die Gefäßbündel auf kürzere oder längere Strecken herausgezogen werden. In auffallender Weise bei den Blättern von Wegericharten, z. B. *Plantago media*, *Pl. lanceolata*, weniger auffallend bei *Stellaria*-Arten und *Arabis albid*a.

3.

Skelettierung der Blätter.

Das Blatt setzt sich bei höheren Pflanzen aus drei Gewebesystemen zusammen: dem Haut-, Strang- und Grundgewebe. Das Hautgewebe bildet die Oberfläche, das Stranggewebe die faserförmigen Stränge, die sogenannte Netznervatur des Blattes und das, was

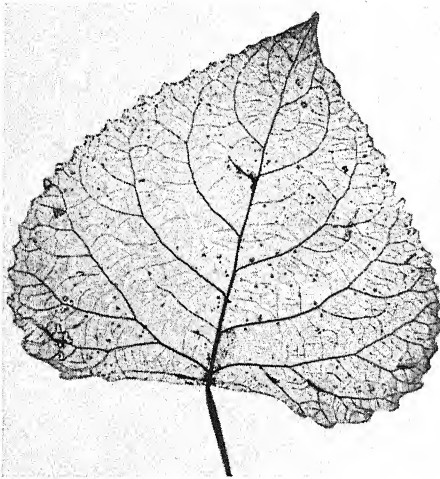


Fig. 1a.

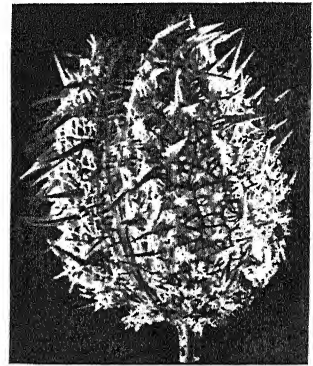


Fig. 1b.

Fig. 1. a Skelettirtes Blatt der Pappel, *Populus tremula*. b Skelettirte Fruchtkapsel des Stechapfels, *Datura stramonium*. Original.

zwischen diesen beiden Geweben als Füllmasse liegt, stellt das Grundgewebe dar.

Das Stranggewebe besitzt die größte Festigkeit und Dauerhaftigkeit unter den drei angeführten Gewebearten und daher findet man in der Natur in Verwesung befindliche Blätter, die nur mehr aus dem Stranggewebe oder Skelett bestehen.

Betrachtet man im Frühjahr oder Sommer an einem Bächlein im Walde die im vorigen Herbst ins Wasser gefallen

und nur das feste und widerstandsfähige Stranggewebe blieb noch zurück. Finden sich noch Reste der beiden anderen Gewebe, so lassen sich diese durch vorsichtiges Reiben mit einer Zahnbürste leicht entfernen. Solche auf natürlichem Wege entstandene skelettierte Blätter bieten mit ihrem wunderbaren Adernetz einen herrlichen Anblick und lehren, da sich die Wasserleitung hauptsächlich in diesem Netz vollzieht, aufs deutlichste, wie sehr dafür gesorgt ist, daß das Wasser sich im Blatte rasch und gleichmäßig verteilt.

Man kann auch auf künstlichem Wege die Skelettierung von Blättern, Früchten (Stechapfel) und Stengeln (Doldenpflanzen) durchführen, indem man die genannten Objekte in gewöhnliches Wasser legt, das man mit Soda oder Kalilauge stark alkalisch gemacht hat.

Die im Handel befindlichen Luffa-Frottier-Artikel sind nichts anderes als die aus der gurkenähnlichen Frucht der *Luffa aegyptiaca* durch Faulenlassen gewonnenen Skelette oder Stranggewebe.

4.

Auffallende Brüchigkeit der Zweige.

In der Regel sind die Ansatzstellen der Zweige bei unseren Strauch- und Baumarten besonders fest eingefügt, so daß sie sich nur äußerst schwer oder gar nicht durch einen mit einem Spazierstock ausgeübten Schlag abtrennen lassen. Die Zweige der verbreiteten Bruchweide *Salix fragilis* bilden aber in dieser Beziehung eine bemerkenswerte Ausnahme. Die Äste dieses Baumes sind an ihrer Einfügung so brüchig, daß schon ein ziemlich schwacher Schlag mit einem Stocke oder mit der Hand genügt, den Zweig abzutrennen.

5.

Nord und Süd im Jahresring.

Von vornherein darf es nicht wundernehmen, daß der Stamm nicht nach allen Seiten völlig gleich gebaut ist und sich oft Unterschiede zeigen. Die auf den Stamm wirkenden äußeren Umstände sind ja in hohem Grade verschieden. Nord und Süd sind verschieden beleuchtet und erwärmt und West und Ost sind von Wind und Wetter ungleich betroffen. Einer der auffallendsten Unterschiede besteht in der ungleichen Ausbildung der Kork- und Borkenschichte der Rinde, zumal an jungen, freistehenden Bäumen. Auch tritt die Borkenbildung an der Südseite eher und deutlicher auf als an der

Nordseite. So haben junge Linden- und Apfelbäume nordwärts noch glatte Rinde (Kork), während sich südwärts bereits Risse und Borkenschuppen zeigen. —

Die Platane hat die Eigentümlichkeit, im Sommer ihre Borke in Form von großen, unregelmäßigen braunen Schuppen abzuwerfen. Die alte Borke hat eine schwärzlichgraue und die darunter liegende junge eine hellbräunliche Farbe. Da die Abschuppung sich nicht an allen Punkten gleichmäßig vollzieht, gewinnt der Baumstamm bis in die Krone hinauf ein höchst eigenartiges, fast apartes Aussehen; er gleicht einer riesigen, gefleckten Schlange.

Diese Abschuppung vollzieht sich an den Platanen ganz ungleich, und zwar so, daß die Südseite sich früher abschuppt als die Nordseite. Die Nordhälfte der Stammoberfläche erscheint dann noch schwärzlichgrau, die Südhälfte hingegen hell, fast gelblichweiß.

Diese leicht zu beobachtenden Tatsachen haben zu der irrigen, viel verbreiteten Ansicht geführt, daß auch die Jahresringe des Holzes nach den Himmelsgegenden orientiert seien: nach Norden sollen sie enger, nach Süden breiter sein. Demzufolge liege das Mark nicht im Mittelpunkte des Stammquerschnittes, sondern sei exzentrisch verschoben und die größere Hälfte solle gewöhnlich der Südseite und die kleinere der Nordseite entsprechen. —

Nach einem alten Volksglauben hat diese Meridianexzentrizität des Holzkörpers für das betreffende Individuum eine solche Bedeutung, daß beim Versetzen des Baumes streng darauf geachtet werden müsse, daß er wieder in dieselbe Himmelslage zu bringen sei. In Franken werden die umzupflanzenden Obstbäume von den Bauern auch heute noch vor einem Verpflanzen gezeichnet, damit sie auf dem neuen Standort gegen Nord und Süd genau so orientiert sind wie früher.

Obwohl sich nicht leugnen läßt, daß die Exzentrizität des Stammquerschnittes überaus häufig vorkommt, so stehen die bisherigen, wissenschaftlichen Beobachtungen über die angebliche Süd-Nord-Exzentrizität dem Volksglauben entgegen. Wir verdanken G. Kraus über diesen Gegenstand genaue Messungen, aus denen, vielleicht abgesehen von einzelnen Fällen, in welchen durch besondere Umstände die Nord-Süd-Exzentrizität erzeugt wird, sich ergibt, daß „von einer allgemeinen Meridianexzentrizität gar keine Rede sein kann. Einheimische und fremde Bäume, frei oder geschlossen stehende, zeigen in jeder beliebigen Höhe dem Anscheine nach völlige Regellosigkeit“.

6.

Rotfärbung von Pflanzen durch rote Chlorophyllkörner²⁾.

In der Regel sind die Chlorophyllkörner, wie schon ihr Name besagt, grün. Es gibt aber Fälle, wo die Chlorophyllkörner rot sind.

Das ist der Fall bei den Rotalgen oder Florideen, bei denen die Chlorophyllkörner neben grünem und gelbem Farbstoff noch einen roten Farbstoff, das Phykoerythrin, enthalten, der die beiden anderen so verschleiert, daß die Chlorophyllkörner rot erscheinen. — Rote Chlorophyllkörner hat man auch bei höheren Pflanzen festgestellt. Hier ist es aber nicht das Phykoerythrin, sondern ein besonderes, orangerotes Karotin, das den gelben und grünen Farbstoff so deckt, daß die Chlorophyllkörner eine rote Farbe aufweisen.

Bei dem in unseren Teichen und Seen so häufig vorkommenden schwimmenden Laichkraut, *Potamogeton natans* sind die jungen Blätter rot und diese Färbung wird durch rote Chlorophyllkörner verursacht. Erst später, wenn die Blätter älter werden und ihre endgültige Größe erreichen, werden sie grün. —

Bei *Potamogeton perfoliatus* erscheinen besonders die scheidenartigen Blätter junger Seitensprosse rot und die Stengel weisen eine rotbraune Farbe auf.

Stark beleuchtete Exemplare von *Potamogeton crispus* zeigen Rotfärbung sowohl an jungen als auch an alten Blättern. Besonders im Verlaufe der Mittel- und Seitennerven ist die rote Farbe so stark, daß das Geäder aus dem Grün der Blattspreite förmlich hervorleuchtet. In alten, stellenweise mazerierten Blättern sind oft alle Chlorophyllkörner rot oder rotbraun und in jungen Blättern kann man alle Übergänge von rein grünen Chlorophyllkörnern zu bräunlichen bis granatroten finden.

Rotfärbung des Laubes zeigen in intensivem Sonnenlichte mehrere *Selaginella*-Arten, z. B. die einheimischen *Selaginella selaginoides* und *S. helvetica*, ferner die in Gewächshäusern kultivierten *S. Pervilli*, *S. Wallichii*, *S. uncinata*, *S. pubescens*, *S. cordata* und die von mir auf den Vorgebirgen des Himalaja beobachtete *S. monospora*.

Die Rotfärbung erstreckt sich nicht nur auf die Blätter, sondern kann auch bei gewissen Arten auf den Stamm, ja sogar auf die Luftwurzeln übergreifen.

Besonderes Interesse erheischt das Verhalten vieler Aloë-Arten unserer Gewächshäuser. Hier haben sie, während des Winters

und im Vorfrühling, wenn das Sonnenlicht noch verhältnismäßig schwach ist, eine grüne Farbe. Wenn sie aber im Mai aus dem Gewächshause ins Freie gestellt und nun starkem Sonnenlichte ausgesetzt werden, so nehmen die Blätter an ihrer Oberseite eine tief rotbraune Farbe an. Unter Dunkelstürzen aber unterbleibt bei sonst gleichen Bedingungen bei den Kontrollpflanzen die Umfärbung; sie bleiben grün. Besonders schön läßt sich die Rotbraunfärbung bei *Aloë saponaria*, *A. latifolia* und zahlreichen anderen Arten feststellen. In der intensiven Beleuchtung nehmen die Chlorophyllkörner, weil sie in großen Mengen ein rotes Karotin ausbilden, eine rote Farbe an und diese sind es, die die rotbraune Farbe der Blätter verursachen.

Aloë-Pflanzen, die im direkten Sonnenlichte braun wurden, werden, wenn sie sodann ins Finstere gestellt werden, wieder grün und bei neuerlicher Übertragung in direktes Sonnenlicht wieder braunrot. Bleiben aber die braun gewordenen Pflanzen dauernd im starken Licht, so nehmen sie wieder die grüne Farbe an. Als ich mehrere Exemplare von *Aloë umbellata* am 5. Mai ins Freie stellte und dem direkten Sonnenlichte aussetzte, färbten sich die Blätter bis zum 20. Mai tiefbraun, behielten diese Farbe bis etwa Ende Juni, dann wurden sie trotz andauernder intensiver Beleuchtung wieder grün.

Die Chlorophyllkörner können sich, wie man sich durch einfache Versuche überzeugen kann, in den Laubblättern von *Aloë* infolge intensiver Beleuchtung rot, bei darauffolgender Verfinsterung wieder normal grün, bei neuer starker Beleuchtung abermals rot färben und bei lang andauernder direkter Besonnung wieder ihre normale grüne Farbe annehmen.

7.

Die weiße Farbe der Blüten und Blätter.

Wenn wir eine blumige Wiese überblicken, staunen wir über die Farbenpracht und die verschiedenen Farbentöne, die sich dem Auge darbieten. Wir vermissen keine der Farben des Regenbogens, und jede einzelne Farbe erscheint wieder in verschiedenen Tönen, so daß sich eine höchst bunte Mannigfaltigkeit ergibt.

Bei genauerer Untersuchung stellt sich aber heraus, daß diese Mannigfaltigkeit an Farben von der Pflanze mit höchst einfachen Mitteln erreicht wird, denn es stehen ihr eigentlich nur wenige

Farbstoffe zur Verfügung. Abgesehen von einigen seltenen Farbstoffen führt sie auf ihrer Palette den in der Pflanzenwelt so weit verbreiteten grünen Farbstoff, das Blattgrün oder Chlorophyll, drei gelbe Farbstoffe, das Karotin, Xanthophyll und Anthochlor und das Blumenblau oder Anthokyan. Dieses kommt in der Regel im Zellsaft gelöst vor und je nach dem der Zellsaft sauer, neutral oder schwach alkalisch reagiert, erscheint er in verschiedenen Farbtönen von rot zu violett und blau. Also durch ein so einfaches Mittel, durch eine feine Abstufung der Azidität bis zur Alkaleszenz wird eine große Verschiedenheit des Farbentons erzielt. Sie wird noch dadurch vermehrt, daß die genannten Farbstoffe im Blatte oder in der Blüte über oder knapp nebeneinander gelagert werden, denn auf diese Weise können gleichfalls neue Farben zustande kommen.

Dazu kommt noch das im Pflanzenreiche, besonders in den Blüten so weit verbreitete Weiß, denn es gibt Tausende Pflanzen, die weiß blühen.

Wenn ich meinen Schülern die Frage vorlegte, warum erscheint diese oder jene Blüte weiß, so erhielt ich häufig keine oder eine unrichtige Antwort und man war überrascht, wenn ich sagte, die weiße Farbe wird durch den Mangel jedes Farbstoffes und durch die zwischen den Zellen befindliche Luft hervorgerufen, die das Licht total reflektiert und daher die Blume weiß erscheinen läßt. Es ist genau so wie beim Schnee. Er erscheint weiß, weil die zwischen den farblosen Schneeflocken lagernde Luft das Licht gänzlich zurückwirft. Begießt man den Schnee mit Wasser und verdrängt man dadurch die Luft, so verliert er die weiße Farbe und wird glasig.

Daß tatsächlich die zwischen den Zellen in den Zellzwischenräumen (Interzellularen) liegende Luft die Ursache des Weiß der Blüten ist, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man irgendeine weiße Blüte unter Wasser taucht und unter die Luftpumpe bringt. Sowie man zu pumpen anfängt, treten massenhaft Luftbläschen aus und nach und nach büßen die weißen Blumenblätter ihr Weiß ganz ein und werden durchsichtig wie Glas. Hat man keine Luftpumpe, so kann man das weiße Blumenblatt mit einem harten Gegenstand, z. B. mit dem Fingernagel drücken, die Luft an der betreffenden Stelle entfernen und wird sehen, daß das Gewebe an dieser Stelle das Weiß verloren hat und durchscheinend geworden ist. Auch wenn man weiße Blumen längere Zeit unter Wasser liegen läßt, werden sie nach und nach glasig, weil die Luft des Gewebes durch das Wasser verdrängt wird.

Es gibt Pflanzen unserer heimischen Flora, deren Blätter zuweilen weiße Flecken aufweisen, wie der Bienenaug, *Lamium purpureum*, die Goldnessel, *Galeobdolon luteum*, *Pulmonaria officinalis*, *Cyclamen europaeum*, *Goodyera repens* u. a. . .

Tropische Pflanzen, wie manche in Gewächshäusern kultivierte Begonien zeigen weiße kreisrunde, elliptische oder unregelmäßige Tupfen auf der sonst grünen Blattoberseite, die wie Silber glänzen. Oder das Begonienblatt erscheint an seiner ganzen Oberseite weißgrau. In allen diesen Fällen erzielt die Natur solche außergewöhnliche Zeichnungen durch ein verblüffend einfaches Mittel, durch die zwischen den Zellen eingeschlossene Luft.

Die biologische Bedeutung der Silberflecke ist nicht klar und die Meinungen darüber gehen weit auseinander³⁾.

Die Blüte ist ein Organ, welches sehr intensiv atmet. Der Sauerstoff muß den Zellen leicht zufließen, daher dürfen wir uns nicht wundern, daß sich die Blüte sozusagen eine innere Atmosphäre schafft und auch aus diesem Luftreservoir den Sauerstoff entnimmt. Dies gilt nicht nur von den weißen, sondern auch von anders gefärbten Blüten, denn auch diese enthalten viel Luft, nur tritt das Weiß hier nicht in Erscheinung, weil es durch Farbstoffe, wie Anthokyan, Karotin und andere verschleiert wird.

Das Vorhandensein von viel Luft und das hierdurch hervorgerufene Weiß kann für die Pflanze auch dadurch von Nutzen sein, daß die weiße Blüte den Insekten als Signal dient, sie anlockt und so der Fremdbestäubung dient.

Eine weiße Farbe erzielt die Natur auch durch lufthältige Haare. Es gibt Gewächse, die fast weiß oder ganz weiß erscheinen, weil sie dicht mit lufthältigen Haaren bedeckt sind. Ich erinnere an das Edelweiß, *Gnaphalium leontopodium* und verwandte *Gnaphalium*-Arten, an das Fadenkraut *Filago*, an das Meer-Aschenkraut *Cineraria maritima* u. a.

Auch hier reflektiert die in den toten Zellen vorhandene Luft das Licht total und daher erscheint das Haar weiß, wie auch der Luftgehalt des Menschenhaares dieses weiß erscheinen läßt. Vielleicht wirkt bei der Pflanze der lufthaltige Haarschirm als lichtdämpfender Sonnenschirm gegen allzustarke Bestrahlung.

Bemerkenswert ist, daß bei manchen Pflanzen die jungen Blätter oben und unten dicht mit Haaren versehen sind, daß sie aber im Laufe der Entwicklung entweder allseitig oder oberseits die Haare verlieren. Junge Chlorophyllkörner sind gegen starkes

Licht recht empfindlich und bedürfen der Beschattung, sobald sie aber erstarkt und tiefgrün geworden sind, wird der Haarschutz, so meint man, überflüssig und daher werfen die Blätter gewöhnlich oberseits die Haare ab. Sehr gut läßt sich dies an den Blättern des Huflattichs, *Tussilago farfara*, der Silberpappel, *Populus alba* und der Platane, *Platanus acerifolia* feststellen.

Die weiße Farbe kann auch durch Wachs hervorgebracht werden. Manche Früchte, die Pflaume, die Weinbeeren erscheinen blaubereift, sind von einem sogenannten „Reif“ bedeckt, der sich leicht wegwischen läßt, und den Früchten das Aussehen des Unberührten verleiht und sie sehr appetitlich erscheinen läßt.

Bei einigen Nadelhölzern tritt das Wachs in Form von weißen Streifen auf, wie bei den Blättern der Tanne, *Abies alba*, an der Unterseite und bei dem Wacholder, *Juniperus communis* an der Oberseite der Nadel in Form eines breiten weißen Mittelstreifens. Bei Fichten- und Föhrennadeln sieht man, besonders deutlich, wenn sie noch jung sind, eine feine weiße Punktierung; es ist das Wachs, das hier die in Reihen stehenden Spaltöffnungen bedeckt. Schließlich sei noch der weißen Farbe der Birkenrinde (*Betula pendula*) gedacht, die dem Birkenstamm sein charakteristisches Aussehen verleiht. Hier wird das Weiß durch Betulin oder Birkenkampfer bedingt, der die Zellen der weißen Rinde (Periderm) erfüllt und durch Sublimation leicht in Form schneeweißer, fädiger Kristalle erhalten werden kann.

8.

Die schwarze Farbe

kann man in zahlreichen Pflanzen beobachten. Um diese hervorzurufen, bedient sich die Natur, wie die Untersuchungen von Möbius⁴⁾ gezeigt haben, sehr einfacher Mittel. Es sollen hier nur einige auffallende Beispiele erwähnt werden.

1. Es gibt eine tiefschwarze Farbenvarietät des Stiefmütterchens, *Viola tricolor*, deren Färbung aber nicht durch einen schwarzen Farbstoff, sondern durch tiefvioletttes Anthokyan hervorgerufen wird. Weil aber dieser Farbstoff in sehr konzentrierter Lösung auftritt und mehrere übereinanderliegende Zellagen davon erfüllt sind, so erscheinen die Blumenblätter schwarz.
2. Die reifen Ligusterbeeren (*Ligustrum vulgare*) sind schwarz. Die Ursache dieser Färbung ist auch hier violetttes Antho-

kyan, das aber, weil es die Epidermis und auch die Zellen des Fruchtfleisches erfüllt, nicht mehr den Eindruck Violett, sondern Schwarz hervorruft. So ist es auch bei vielen anderen Pflanzen, so z. B. bei den schwarzblauen Weinbeeren, hier genügt schon der in der Oberhaut vorhandene tiefviolette Farbstoff, der Beere einen fast schwarzen Farbenton zu verleihen.

3. Unter den zahllosen Bohnensamenvarietäten finden sich auch tiefschwarze vor. Hier haben die unter der Epidermis liegenden Zellen einen braunen Inhalt, und wenn die unter der Epidermis liegenden Zellen violette Anthokyan enthalten, erscheinen sie schwarz.
4. Die Flügel der Schmetterlingsblüte der Saubohne, *Vicia faba*, weisen je einen schwarzen Fleck auf, der durch einen braunen Farbstoff, das Anthophäin, hervorgerufen wird.
5. Die schwarze Farbe findet man auch an den Brakteen, Kelch- und Kronblättern von *Plantago lanceolata*, an den Spitzen der Involukralblätter gewisser Kompositen: *Senecio*-Arten, *Chrysanthemum leucanthemum*, *Centaurea scabiosa*, *Hieracium murorum*, an den Knospenschuppen der Esche, *Fraxinus excelsior* und den Samenschalen gewisser *Allium*-Arten.

9.

Perldrüsen.

Blätter der Jungfernrebe, *Ampelopsis quinquefolia*, der Weinrebe, *Vitis vinifera*, der bekannten Kletterpflanze *Parthenocissus* (*Vitis*) *Veitchii* zeigen sehr oft auf der Epidermis aufsitzende, mit freiem Auge noch gut sichtbare, weißliche Kügelchen, sogenannte Perldrüsen, die sich leicht ablösen. Sie entstehen unter einer Spaltöffnung. Die darunter liegenden Zellen wachsen in die Atemhöhle hinein, heben schließlich die Epidermis empor und bilden ein glashelles Kügelchen, an dessen Scheitel man noch die Spaltöffnung bemerken kann.

Es sind eiweiß- und fettreiche Drüsen. Sie finden sich, abgesehen von zahlreichen Ampelideen, auch bei anderen Familien, den Piperaceen, Moraceen, Melastomaceen, Urticaceen und Gnetaceen.

Sie erinnern an die Müllerschen oder Beltschen Körperchen, die an den Enden der Blättchen tropisch amerikanischer *Acacia*-

Arten und an der Basis der Blattstiele der *Imbauba*, *Cecropia adenopus* auftreten und von Ameisen gerne verspeist werden.

Die Bedeutung der Perldrüsen der Ampelideen und der anderen erwähnten Familien ist unbekannt; eine Beziehung zwischen diesen Drüsen und Ameisen besteht nicht, sie werden von diesen Insekten auch nicht verzehrt, im Gegensatz zu den Beltschen Körperchen, die die Ameisen mit Vorliebe verspeisen.

10.

Der Wasserkelch der Blütenknospe von *Aconitum variegata* L.⁵⁾

Diese in Bergwäldern häufig anzutreffende *Ranunculacee* läßt eine sehr merkwürdige Einrichtung, einen sogenannten Wasserkelch erkennen. Die Blütenknospe ist, solange die korallenartigen Kelchblätter ihre endgültige Farbe noch nicht angenommen haben und noch zusammenschließen, von Wasser mehr oder weniger erfüllt. Bei reichlichem Vorhandensein von Saft in der Knospe fließt er, wenn man die Knospe zwischen Daumen und Zeigefinger sanft drückt, zwischen den Rändern der Kelchblätter heraus. Alle Organe der Blütenknospe: die Knospenblätter mit ihrer inneren Oberfläche, die Honigblättchen, die Staubgefäße und Stempel liegen in einem Bade und sind daher ganz naß. Nach dem Öffnen der Knospe verschwindet das Wasser und in der geöffneten, voll entwickelten Blüte merkt man vom Saft überhaupt nichts mehr. Sogenannte Wasserkelche kennt man in den Tropen seit langem. Für Europa aber ist der von *Aconitum variegatum* der erste bekannte Fall.

11.

Schraubige Drehung der Blätter.

Sehr häufig findet man die Blätter der Gräser und mancher anderer Monokotylen um ihre Längsachse gedreht, bald wenig, bald mehr, gewöhnlich 1—4mal. Ich beobachtete die Drehung bei:

| | | | |
|---|-----|-------|-----------------|
| <i>Avena sativa</i> , dem Hafer | mit | 1—1¼ | Schraubengängen |
| <i>Phalaris arundinacea</i> , dem Bandgras | „ | ½—¾ | „ |
| <i>Alopecurus pratensis</i> , dem Fuchsschwanz .. | „ | 1¼—1½ | „ |
| <i>Phragmites communis</i> , dem Schilfrohr | „ | ⅓—½ | „ |
| <i>Dactylis glomerata</i> , dem Knäuelgras | „ | ½—1 | „ |
| <i>Secale cereale</i> , dem Roggen | „ | 1 | Schraubengang |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> , dem Glatthafer .. | „ | 1½ | Schraubengängen |
| <i>Festuca gigantea</i> , dem Riesenschwingel .. | „ | ½ | „ |

Auch beim Rohrkolben, *Typha angustifolia*, erscheint das Blatt in der Regel 2—3mal gedreht. Das Blatt wird

bis 2 m lang, ist flach, die eine Seite ist eben, die andere flach konvex.

Welchen Vorteil hat die Pflanze von dieser Drehung? Zunächst wird das Blatt fester. Man kann sich dies leicht mit einem Papierstreifen klar machen. Wird ein 10—15 cm langer und 0,5 cm breiter Papierstreifen mit dem Daumen und Zeigefinger an dem einen Ende gefaßt und bemüht man sich, ihn horizontal zu halten, so sinkt er nach abwärts. Dreht man ihn aber vorher mehrmals um seine Achse, so erhält er sich ziemlich wagrecht.

Wenn das Blatt nicht um seine Längsachse gedreht wäre, sondern seine Spreite nur in einer Ebene läge, so würde das Blatt

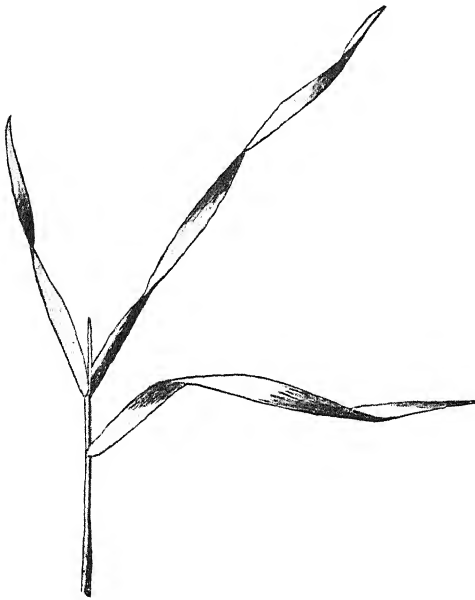


Fig. 2. Sproß der Quecke, *Triticum repens* mit stark gedrehten Blättern. Nach Neger.

wie der erwähnte Papierstreifen durch sein Gewicht herabsinken. Außerdem wäre die Angriffsfläche des Windes bei diesen schlanken, leicht beweglichen Blättern zu groß, sie könnten leicht einknicken. Trifft aber der Wind eine weite Strecke nur die schmale Seite des Blattes, so wird, weil die Luft dann an der Blattfläche vorüberstreicht und das Blatt dem Winde gewissermaßen ausweicht, die Spreite streckenweise vom Winde geschützt und schwankt im Winde weniger hin und her.

Auch beim Aufsuchen einer günstigen Beleuchtung kann die Drehung von Vorteil sein. Fällt das Licht vom Zenith auf die Blätter von *Poa nemoralis*, so bleiben sie ungedreht. Fällt aber das Licht seitlich ein, so drehen sie sich nach der Lichtseite, um möglichst günstiges Licht aufzufangen.

Durch die schraubige Drehung des langen Rohrkolbenblattes wird auch eine mehr gleichmäßige Beleuchtung des langen Blattes erzielt; das Licht strahlt dann von allen Seiten ein, besonders wenn das Blatt vom Winde bewegt wird.

12.

Spiraldrehung in der Blüte von Phaseolus.

Eine bei den Schmetterlingsblütlern sehr seltene Erscheinung ist die Spiraldrehung des Griffels, der Staubfäden und des Schiffchens. Alle drei zusammen sind durch Spiraldrehung so fest miteinander verbunden, daß man sie nur schwer trennen kann. Fahne und Flügel sind wie gewöhnlich entfaltet, aber das Schiffchen ist 2—3mal spiralig gewunden und umschließt Griffel und Staubfäden so, daß diese größtenteils verhüllt erscheinen und erst durch Aufschlitzen der gedrehten Fahne sichtbar werden. Dies gilt nicht nur für *Phaseolus multiflorus*, die selbststerile Feuerbohne, sondern auch für die selbstfertile gemeine Bohne, *Phaseolus vulgaris*. Nach der geschilderten Sachlage sind die Staubbeutel und der Griffel den Insekten nur zugänglich, wenn das sich auf die Blüte setzende Insekt einen kräftigen Druck auf die Flügel der Blüte ausübt. Dann kommen der Griffel und die Antheren zum Vorschein.

13.

Anisophyllie⁶⁾.

Gehölze mit gegenständigen Blättern zeigen die höchst auffallende Erscheinung, daß die angeneigten Sprossen befindlichen Schwesterblätter, die einander gegenüberstehen, ungleich groß sind. Sie läßt sich an der Roßkastanie (*Aesculus hippocastanum*), den Ahorn-Arten (*Acer*) und anderen Bäumen leicht beobachten.

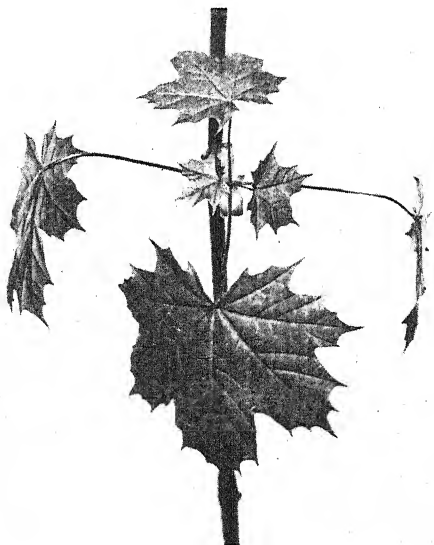


Fig. 3. *Acer platanoides*. Anisophyller gegen den Horizont geneigter Sproß. Das oberste und unterste Blatt sind Schwesterblätter. Das erstere ist klein und kurzstielig, das letztere ist groß und langstielig. Die beiden Schwesterblätter links und rechts haben die gleiche Lage gegen den Horizont und sind daher gleich groß. Original.

Die Fig. 3 zeigt einen Sproß von *Acer*, der gegen den Horizont geneigt sich entwickelte. Das unterste Blatt hat einen

längeren Stiel, eine größere Spreite und infolgedessen auch ein größeres Gewicht als das gegenüberstehende, gleichaltrige oberste Blatt. Sprosse derselben Pflanze, die nicht schief gegen den Horizont, sondern vertikal stehen, haben hingegen gleich groß ausgebildete, gegenüberstehende Blätter. —

Die Ursachen dieser als „Anisophyllie“ (Ungleichblättrigkeit) bezeichneten Erscheinung ist die Lage des Zweiges gegen den Horizont, womit aber hier bei dem Worte „Lage“ an eine ganze Reihe von Umständen zu denken ist, die eben durch die Lage geschaffen wird: hauptsächlich an die Schwerkraft, das Licht und an innere Verhältnisse. Oder allgemeiner gesagt: mit dem Worte „Lage“ ist die räumliche Beziehung des anisophyllen Sprosses zum Horizont und zu seinem Muttersproß gemeint.

II.

Physikalisches.

I.

Über die Sichtbarmachung der Bewegung mikroskopisch kleinster Teilchen für das freie Auge?).

Jeder tote, in genügend fein verteilter Form im Wasser befindliche Körper ist nicht in Ruhe, sondern beständig in einer wimmelnden, tanzenden Bewegung, in der sogenannten Brown'schen Molekularbewegung.

Ein Tuschetropfen läßt die feinen Kohleteilchen in dieser Bewegung erscheinen, eine Gummigut- und eine Karminaufschwemmung lassen die Harz- bzw. Farbstoffteilchen gleichfalls im Mikroskope erkennen. Es gehören gute Mikroskope dazu, um die Brown'sche Molekularbewegung zu sehen.

Ich habe aber gefunden, daß unter gewissen Umständen die Bewegung mikroskopischer Teilchen von außerordentlicher Kleinheit mit freiem Auge gesehen werden kann, und habe mich darüber folgendermaßen ausgesprochen.

Wird die in unseren Gewächshäusern häufig gezogene stachelige *Euphorbia splendens* mit einer Nadel im Stengel angestochen, so tritt sofort aus der Wunde ein milchweißer Tropfen hervor; es ist der Milchsaft dieser Pflanze. Bringt man den Tropfen rasch auf einen gereinigten Objekträger, bedeckt mit einem Deckglas und betrachtet die Flüssigkeit mit einem Mikroskop bei einer 300- bis 1000maligen Vergrößerung, so sieht man, daß der Milchsaft, ab-

gesehen von größeren Ballen und eigentümlichen stabförmigen oder schenkelknochenförmigen Stärkekörpern, aus einer ungemein feinkörnigen Emulsion besteht. In einer Flüssigkeit liegen außerordentlich kleine Kügelchen aus Harz und Kautschuk, die die prachtvollste Brownsche Molekularbewegung zeigen. Um solche Präparate dauernd zur Hand zu haben, verschließe ich das Deckglas am Rande mit hartem Terpentinharz, das mit einem heiß gemachten Drahte an den vier Kanten des Deckglases derart aufgetragen wird, daß ein luftdichter Verschuß erzielt und die Flüssigkeit hierdurch vor Verdampfung und Strömungsbewegungen geschützt wird. Solche Präparate zeigen die Brownsche Bewegung noch nach Monaten.

Man hielt es als selbstverständlich, daß diese Bewegung nur mit Hilfe des Mikroskopes gesehen werden kann; sie läßt sich aber auch dem freien Auge sichtbar machen, falls man das Präparat in direktem Sonnenlichte betrachtet.

Man hält in deutlicher Sehweite den Objektträger vertikal oder schief, läßt das direkte Sonnenlicht schief einfallen und beobachtet im durchfallenden Lichte. Bei richtiger Stellung taucht zur Überraschung des Beobachters die Molekularbewegung der Harzkügelchen auf und gibt sich in einem eigenartigen Flimmern, lebhaften Tanzen und Wimmeln der in prachtvollen Interferenzfarben erscheinenden mikroskopischen Teilchen kund.

Hält man in einiger Entfernung (etwa 3—5 cm) vom Objektträger ein mattschwarzes Papier, so wird die Erscheinung noch deutlicher, doch ist der schwarze Hintergrund nicht notwendig. Im auffallenden Lichte ist die Erscheinung nicht zu sehen. Da man bei dem Versuche nicht direkt in die Sonne zu sehen braucht, sondern nur in das vom Präparate kommende Licht, so wird das Auge hierbei nicht besonders angestrengt. Soll der Versuch gut gelingen, so ist darauf zu achten, daß die Milchsaftschicht nicht zu dick ist, sondern nur jene Stärke aufweist wie bei gewöhnlichen mikroskopischen Präparaten. Auch darf die Sonne nicht verschleiert sein, ein wolkenloser Himmel gibt die besten Resultate. Das Licht einer kräftigen Bogenlampe leistet gleichfalls gute Dienste, ja auch im direkten Lichte einer stark genäherten Glüh-, Petroleum- oder Auerlampe kann unter Zuhilfenahme einer guten Lupe die Erscheinung gesehen werden. Am schönsten gelingt aber der Versuch im direkten Sonnenlichte.

Es muß jedenfalls überraschen, daß die so außerordentlich kleinen Kügelchen des Milchsafte sich noch dem freien Auge ver-
raten. Offenbar ruft das ungemein intensive Licht, indem es die
Kügelchen trifft und Beugung erleidet, infolge der Beugungs-
scheibchen und Beugungsbüschel, die sich wegen der Bewegung
der Teilchen noch fortwährend ändern, auf der Netzhaut des Auges
viel größere Bilder hervor, als es ohne diese Umstände der Fall sein
würde, ähnlich wie dies auch bei der Wahrnehmung ultramikro-
skopischer Teilchen zutrifft.

Sehen wir vom Ultramikroskop ab und halten wir uns an die
Leistungsfähigkeit des gewöhnlichen Mikroskopes, so darf behauptet
werden, daß die Teilchen, die mit freiem Auge unter den
geschilderten Umständen an ihrer Bewegung erkannt
werden können, bezüglich ihrer Größe knapp an der
Grenze mikroskopischer Wahrnehmung stehen oder mit
ihr zusammenfallen.

Allerdings können wir in diesem extremen Falle die Teilchen
als solche nicht mehr erkennen, es verrät sich aber ihre Existenz
dem freien Auge durch ihre Bewegung — unter der Voraussetzung,
daß die Bewegung eine genügend rasche ist und die Teilchen in
großer Zahl dicht beieinander liegen.

2.

„Eisblumen“ im warmen Zimmer.

Wenn Kolloide, z. B. eine verdünnte Gelatinelösung, Kleister
oder Agar gefrieren, so findet eine Scheidung der Gelatine, der
Stärke und des Agars vom reinen Wasser statt. Dieses ver-
wandelt sich in Eis und zwischen den in Form von Eisblumen
auftretendem Eis wird das Kolloid in konzentrierter Form ein-
geschoben. Darauf beruht ein einfaches Verfahren, sich Eisblumen
im warmen Zimmer für lange Zeit zu verschaffen. Ich gehe dabei
in folgender Weise vor.

Ein Erlenmeyerkolben wird mit 2%iger Gelatinelösung aus-
gespült, mit der Öffnung nach unten gekehrt, im Freien der Winter-
kälte ausgesetzt und, nachdem sich die Eisblumen in der äußerst
dünnen, der Innenwand des Kolbens anhaftenden Gelatineschicht
gebildet haben, Alkohol in den Kolben gegossen, um die gefrorene
Gelatine damit zu benetzen. Dabei wird das Eis herausgelöst und
das Gelatinenetzwerk in Form von Eisblumen dauernd fixiert.

Diese erscheinen mit ihren feinsten Einzelheiten, bieten einen wunderbaren Anblick und lassen sich Jahrzehnte lang in unveränderter Schönheit aufbewahren. Die Fixierung der Eisblumen an der Innenwand eines Kolbens hat auch den Vorteil, daß sie vor Staub und Berührung der Hände geschützt bleiben.

3.

Milchsafringe.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß, wenn man Tabakrauch aus der Mundhöhle paffend ausstößt, sich wunderschöne Rauchringe bilden zum Ergötzen des Rauchers und der Zuschauer. Diese Rauchringe haben auch die Aufmerksamkeit bekannter Naturforscher, unter anderen auch die von Helmholtz, erregt.

Ich habe beobachtet, daß der Milchsaft gewisser Pflanzen, wenn man ein Tröpfchen mit einer Wasseroberfläche in Berührung bringt oder hineinfallen läßt, milchweiße Schlieren, und zwar in Form von Strängen und schönen weißen Ringen, bildet. Ich gehe dabei in folgender Weise vor.

Ein Sproß von *Euphorbia cyparissias*, der Zypressen-Wolfsmilch, wird abgeschnitten und in ein Glas Wasser, das auf einer dunklen Unterlage, am besten auf schwarzem Papier ruht, gestellt. Dann schneidet man mit der Schere mehrere Blätter quer durch, worauf sogleich aus der Schnittfläche der am Zweige verbliebenen Blatthälften Tröpfchen von Milchsaft hervorquellen. Nimmt man ein solches Tröpfchen mit einer Nadel oder einer Bleistiftspitze auf und überträgt man es auf die Oberfläche des Wassers, so zertheilt sich der Milchsaft sofort in fädige und ringförmige Schlieren, die rasch nach abwärts sinken, aus sich heraus neue Schlieren und Ringe bilden, bis sie endlich den Boden erreichen und hier in Ringform liegen bleiben.

Es bietet einen reizenden Anblick, wenn bei der Berührung des Milchsafttröpfchens mit der Wasseroberfläche sich zuerst ein größerer Milchsafring bildet, von dem Fäden mit neuen Ringen ausgehen, die wieder neue Auszweigungen mit Ringen gebären; diese können sich vergrößern, verschwinden oder am Boden angelangt als Ringe, Würste oder Wolkenschleier liegen bleiben.

Während die Schlieren sich formen, kann man oft beobachten, wie an einem gemeinsamen, von oben bis unten reichenden Milch-

saftfaden das ganze zierliche Geflecht von Schlieren und Ringen hängt und das Bild eines Spitzenschleiers oder eines zarten Kronenleuchters vortäuscht. Ebenso verhalten sich auch die Milchsäfte vieler anderer Pflanzen.

4.

Die Blutfarbe in den Fingerspitzen sichtbar gemacht.

Durch ein einfaches Experiment konnte ich die rote Farbe des Blutes in der Hand in auffallender Weise zur Anschauung bringen. Zu diesem Zwecke entnehme man von dem grünen hohlen Stengel der Engelwurz, *Angelica silvestris*, ein etwa 10—15 cm langes Stück, schneide die beiden Enden mit einem scharfen Messer quer ab und blicke zunächst wie durch ein Fernrohr der Länge nach auf den blauen Himmel. Dann lege man den Ballen des Zeige- oder eines anderen Fingers auf das obere Ende knapp an und blicke wieder durch das Rohr. Nun erscheint der Fingerballen tief blutrot, er leuchtet förmlich im roten Licht.

Bei direktem Sonnenlicht gelingt der Versuch nicht bloß mit dem Fingerballen, sondern sogar mit der flachen Hand. Je stärker das Licht, desto besser für den Versuch. In der Nacht genügt auch schon das Licht einer elektrischen Taschenlampe. Hat man keine *Angelica* zur Verfügung, so kann man für den Versuch auch einen breiten Strohhalbm von etwa 10 cm Länge oder ein Stück eines Schilfrohrhalmes (*Phragmites communis*) verwenden. Beide aber müssen frei von Knoten sein, da sich im Knoten ein Diaphragma, eine Gewebeplatte befindet, die den Durchblick durch das Rohr verhindert.

Wie ist die rote Farbe des Fingerballens in dem geschilderten Versuche zu erklären?

Das in den Finger eindringende weiße Licht wird mit Ausnahme der roten Strahlen größtenteils verschluckt, diese gehen durch das Blut der Adern, durchleuchten das Blut und gelangen sodann ins Auge. Daher erscheint der Fingerballen rot.

Legt man an das Ende des Rohres anstatt des Fingers ein grünes Blatt in einfacher oder doppelter Lage, so geht hauptsächlich grün durch; tut man dasselbe mit einer frischen Apfelschnitte von 2—5 cm Dicke, so erblickt man den Apfel in der Farbe seines Fruchtfleisches, also weiß, bei einem unreifen Apfel mit einem Stich ins Grünliche.

Bei dieser Gelegenheit sei bemerkt, daß das Licht ziemlich tief in das Gewebe der Pflanze eindringt. Es geht dies schon aus dem Apfelversuch hervor und ferner aus der Tatsache, daß sich tief in der Rinde des Baumstammes noch Chlorophyll bildet, daß sich tief in der werdenden Kürbisfrucht noch Blattgrün vorfindet und daß die Embryonen mancher Samen, des Ahorns und anderer Pflanzen, tiefgrün sind.

Die Entstehung des Chlorophylls ist, abgesehen von gewissen Ausnahmen, wie den Koniferenkeimlingen, Farnen und Moosen, an die Anwesenheit von Licht geknüpft. Wenn also in den früher erwähnten Fällen Chlorophyll tief im Innern des Gewebes entsteht, so muß Licht von chlorophyllerzeugender Kraft bis zu einer gewissen Tiefe eingedrungen sein. Gewisse Strahlen des Sonnenlichtes werden, wie man mit dem Spektroskop feststellen kann, auf dem Wege durch die Pflanzenorgane absorbiert, aber ein Großteil geht noch ziemlich tief in das Gewebe hinein, das Rot durchdringt noch den Fingerballen, ja sogar, wie unser Versuch gelehrt hat, die Dicke der Hand.

5.

Das Urphänomen Goethes.

Bekanntlich hat sich Goethe in seiner Farbenlehre eingehend mit jener Erscheinung beschäftigt, die er Urphänomen nennt und die sich in der Weise äußert, daß ein trübes Medium vor einem dunklen Hintergrunde blau und vor einem hellen grau erscheint. Betrachtet man die Rauchwolke einer Zigarre oder Zigarette über einem dunkeln Hintergrunde, so erscheint sie blau, über hellem aber grau. Das Urphänomen läßt sich auch sehr hübsch mit dem Milchsaft der mandelblättrigen Wolfsmilch, *Euphorbia amygdaloides*, veranschaulichen. Bringt man ein kleines, etwa 3 mm großes Tröpfchen des frisch gewonnen Milchsaftes auf einen dunkeln Untergrund, z. B. auf ein nicht fließendes, schwarzes Papier, so erscheint es nicht, wie man erwarten möchte, in intensivem direkten Sonnenlichte weiß, sondern lasurblau. Für das Gelingen des Versuches ist es von wesentlicher Bedeutung, daß der Milchsaft nur in dünner Schicht vorliegt. Nicht jeder Milchsaft eignet sich für diesen Versuch, der von der Glockenblume (*Campanula*), von der Gänse-distel (*Sonchus*) oder die Kuhmilch zeigt die Bläuung auf dunklem Grunde nicht, offenbar weil die Verteilung und die Größe der im Milchsaft schwebenden Teilchen für das Gelingen des Experiments von Wichtigkeit sind.

6.

Farben ohne Farbstoffe.

Die Früchte von *Viburnum tinus*, einem immergrünen, im Mittelmeergebiet häufig vertretenen Strauch, zeigen einen auffallend blaugrünschillernden Glanz. Einige exotische *Selaginella*-Arten, besonders *S. laevigata* und *S. caesia*, fallen durch ihren wunderbaren stahlblauen Glanz auf. Auch bei manchen im Schatten wachsenden Pflanzen unserer Flora tritt, wenn auch in viel schwächerem Grade, Blauglanz auf, so bei *Sambucus nigra*, *Ajuga reptans*, *Mercurialis perennis* u. a.

Nach den Untersuchungen von Gentner⁸⁾ wird der Blauglanz bei den erwähnten *Selaginella*-Arten durch größere und kleinere Körnchen, die in der äußeren Epidermiswand liegen und aus Kutin bestehen, verursacht. Weder Fluoreszenz noch Interferenz spielen hier eine Rolle, sondern es liegt die Erscheinung des trüben Mediums vor. Die von Kutinkörnchen durchsetzte Epidermiswand stellt das trübe Medium vor, das einer Tabakrauchwolke gleich auf dunklem Hintergrund blau erscheint. Die dunkle Rückwand bilden im *Selaginella*-Blatt die intensiv gefärbten Chlorophyllkörner. —

In den Tropen findet man allenthalben den Strauch *Lantana camara*, dessen Früchte gleichfalls eine interessante optische Erscheinung zeigen. Die unreifen, kugeligen, etwa 4—5 mm großen Früchte sind grün, die reifen blau. Jeder würde vermuten, daß die Farbe von einem blauen Farbstoff herrührt, wahrscheinlich von dem in Früchten so sehr verbreiteten Anthokyan. Dies ist aber nicht der Fall. Ritzt man die reife Frucht mit einer Nadel auf, so erscheint das breiige Fruchtfleisch in dicker Schicht schwärzlich-braun, in dünner Schicht hellbraun gefärbt. Zieht man die Oberhaut ab und streift man von der Unterseite das anhaftende Fruchtfleisch sorgfältig ab, so erscheint die Oberhaut im durchfallenden Lichte fast farblos mit einem Stich ins Hellbräunliche. Wenn man aber das Fruchtfleisch an der Oberhaut haften läßt, so entsteht durch das Zusammenwirken beider an dieser die stahlblaue Farbe.

Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, daß auch hier die Erscheinung des trüben Mediums vorliegt. Doch wir brauchen nicht in die fernen Tropen zu schweifen, denn auch im heimischen Klima habe ich einen bisher übersehenen Fall kennengelernt, wo eine Frucht eine blaue Farbe zeigt, obwohl darin kein blauer Farbstoff

nachweisbar ist. Dies betrifft die Frucht des Salomonssiegels, *Polygonatum officinale*.

Auch hier wäre man geneigt zu vermuten, daß die Beere ihre Farbe einem blauen Farbstoff verdankt. Allein eine genauere Untersuchung ergibt, daß ein solcher Farbstoff nicht vorhanden ist. Zieht man die Epidermis ab und beobachtet man sie im durchfallenden Licht, so erscheint sie rein grün. Darunter liegen das grüne Fruchtfleisch und mehrere weißgrünlich gefärbte Samen. Hält man die grüne Oberhaut über schwarzes Papier oder einen anderen dunklen Hintergrund, so erscheint sie auch schwarzblau. In der Beere selbst bilden das tiefgrüne Fruchtfleisch und die zahlreichen dicken, undurchsichtigen Samen den dunklen Untergrund für die Oberhaut. Ähnlich verhalten sich auch die Früchte von *Polygonatum latifolium* und *P. multiflorum*.

7.

Eine eigenartige Farbenänderung.

Es gibt eine *Peltigera*-Art, die bei trockenem Wetter an der Oberfläche des Thallus hellgrau, bei nassem Wetter aber schwarzbraun oder schwarz ist.

Diese Farbenänderung läßt sich an dieser Flechte leicht hervorrufen, wenn man auf die hellgraue Oberfläche des Thallus einen Tropfen Wasser gibt. Schon nach 10 Sekunden stellt sich die Dunkelfärbung ein und nach einer Minute erscheint die betreffende Stelle fast schwarz. Was ist die Ursache dieser überaus raschen Verfärbung?

Die hellgraue Farbe der Thallusoberfläche wird bedingt durch den Gehalt an Luftblasen unter der Oberfläche, von denen das Licht zurückgeworfen wird und die das Lager hell erscheinen lassen. Da dieses leicht benetzbar ist, so dringt das darauf gebrachte Wasser leicht und rasch ein, verschluckt und verdrängt die Luft, nun schimmert die dunkle Gonidien- oder Algenschicht durch die Oberfläche hindurch und läßt sie dunkel oder fast schwarz erscheinen. Sobald das eingedrungene Wasser verdampft und durch Luft ersetzt wird, kehrt die hellgraue Farbe wieder zurück.

Es gibt noch eine andere *Peltigera*-Art, die im trockenen Zustande auch hellgrau, bei Benetzung mit Wasser aber grün wird. Grün, weil die Algen hier nicht schmutzig olivengrün, sondern grün sind.

8.

Fluoreszenz des Äskulins und Fraxins⁹⁾.

Manche Körper leuchten, während und solange sie vom Lichte getroffen werden, von selbst, sie fluoreszieren. Läßt man in eine solche Substanz im starken Sonnenlichte mit einer Lupe einen Kegel weißen Lichtes einfallen, so erscheint der Kegel in bestimmter Farbe: bei einer alkoholischen Chlorophylllösung rot, bei Petroleum blau, bei einer Lösung von schwefelsaurem Chinin himmelblau, bei gelbem Uranglas hellgrün und bei Flußspat violett. Das Fluoreszenzlicht kommt dadurch zustande, daß die fluoreszierende Substanz kurzwellige Strahlen, z. B. die unsichtbaren ultravioletten in langwellige, dem Auge sichtbare verwandelt.

Die Erscheinung der Fluoreszenz läßt sich mit sehr einfachen Mitteln auf folgende Weise demonstrieren.

a) Mit der Rinde der Roßkastanie, *Aesculus hippocastanum*. Von einem 1—2jährigen Sproß wird etwas Rinde mit dem Messer abgeschabt und in ein Glas Wasser geworfen, das in direktes Sonnenlicht und wenn möglich auf einen schwarzen Untergrund, z. B. auf ein schwarzes Papier oder Tuch gestellt wird. Das in der Rinde vorhandene farblose Glykosid Äskulin löst sich schon nach wenigen Sekunden und erzeugt prachtvolle azurblaue Wolken und Schlieren durch Fluoreszenz. Je intensiver das Licht und je dunkler der Hintergrund, desto deutlicher tritt die Fluoreszenz hervor. Nach und nach wird die Erscheinung undeutlicher, weil sich das Wasser infolge anderer, in Lösung gehender Körper braun färbt und die blaue Farbe durch die braune verschleiert wird.

b) Mit Eschenrinde. Eine sehr schöne Fluoreszenz zeigt unter denselben Umständen auch die Rinde der gewöhnlichen Esche, *Fraxinus excelsior*, und der Mannaesche, *F. ornus*. Die Fluoreszenzfarbe ist hier mehr blaugrün und länger zu beobachten, da sich hier nebenbei keine braunen Körper bilden. Die Ursache der Fluoreszenz ist bei der Esche auch ein Glykosid, das Fraxin.

9.

Seifenblasen, direkt mit dem Saft von Pflanzen erzeugt¹⁰⁾.

Als ich in Britisch-Indien weilte, lernte ich die an den Ufern des Ganges in der Nähe von Kalkutta häufig wachsende *Jatropha gossypifolia* kennen. Es ist eine Staude mit einem krautigen etwa 1 m hohen Stengel. Schneidet man diesen in den jungen

Teilen quer durch, so fließt ziemlich reichlich klarer Saft hervor. Wenn man diesen mit dem unteren Ende eines bereit gehaltenen Strohhalms aufnimmt und dann in das obere mit dem Backen vorsichtig hinausbläst, so erhält man hübsche Seifenblasen.

Als ich nach Europa zurückkehrte, suchte ich auch hier nach solchen Pflanzen und nach längerem Suchen fand ich zu meiner Überraschung eine solche in der Kürbispflanze, *Cucurbita pepo*.

Wenn man die jüngeren Teile des Stengels oder den Blattstiel mit einem scharfen Messer quer durchschneidet, so fließt ziemlich reichlich alkalisch reagierender Saft aus der Schnittfläche hervor, er stammt größtenteils aus den Siebröhren. Nimmt man nun sofort diesen Saft mit einem nicht zu breiten Stroh- oder noch grünen Grashalm auf, so gelingt es leicht, bis walnußgroße Blasen mit wunderschön irisierenden Farben zu erzeugen.

Es war naheliegend zu vermuten, daß auch die nächsten Verwandten mit ihrem Saft Seifenblasen zu machen gestatten und das ist tatsächlich der Fall. So gibt der frisch ausfließende Siebröhrensaft der Gurke, *Cucumis sativus*, herrliche Seifenblasen.

Ich suchte weiter und, da *Jatropha* zu den Euphorbiaceen oder Wolfsmilcharten gehört, so prüfte ich den Milchsaft der zypressenartigen Wolfsmilch, *Euphorbia cyparissias*. Reißt oder schneidet man den Stengel dieser weitverbreiteten und daher leicht zugänglichen Pflanze entzwei, so fließt aus der Wunde Milchsaft hervor und dieser eignet sich, mit einem Grashalm aufgenommen, sehr gut zur Erzeugung von Seifenblasen. *Euphorbia helioscopia* verhält sich ebenso. Je mehr Saft, desto größere Blasen erhält man.

Wenn man den jungen Endsproß der Feuerbohne, *Phaseolus multiflorus*, quer durchschneidet, fließt aus den Gerbstoffschläuchen ein Tröpfchen Saft hervor, mit dem man gleichfalls Seifenblasen machen kann.

An anderer Stelle wird erwähnt werden, daß beim Einlegen eines Fichtenzapfens in ein Glas Wasser, dieses sich auffallend rotbraun bis weinrot färbt. Diese Lösung ist sehr gerbstoffreich und zeigt, namentlich wenn sie bei längerem Stehen sich etwas konzentriert, gleichfalls die Eignung zur Erzeugung von Seifenblasen.

Wird ein Blatt von *Agapanthus umbellatus*, einer wegen ihrer schönen blauen Blüten häufig gezogenen, zu den Liliaceen gehörigen Zierpflanze, quer durchschnitten, so fließt reichlich weißer, dick-

licher Schleim aus der Wunde hervor. Vermischt man einige Tropfen davon auf einem Uhrglas mit ein paar Kubikzentimeter Wasser, so erhält man ebenfalls eine für Seifenblasen geeignete Flüssigkeit.

Ich zweifle nicht, daß man bei weiterem Suchen noch weitere Beispiele für „Seifenblasenpflanzen“ finden wird.

Worauf die Eignung eines Pflanzensaftes zur Hervorbringung von Seifenblasen beruht, bleibt zu untersuchen. Sollte es ein größerer Gehalt des im Pflanzenreiche so weit verbreiteten Saponin sein, das ja bei der Bereitung der Seife und der gewöhnlichen Seifenblasenbereitung eine große Rolle spielt? Oder nur ein gewisser Grad von Viskosität?

Schüttelt man kleine Stückchen der Seifenwurzel (*Saponaria officinalis*) oder der Quillajarinde, die beide reich an Saponin sind, mit destilliertem Wasser in der Proberöhre, so erhält man eine stark schäumende Flüssigkeit, die aber auffallenderweise keine Seifenblasen gibt.

10.

Über die auffallende Erwärmung schwimmender Algenrasen.

Als ich am Lunzer See in Niederösterreich an einem heißen sonnigen Tag eine Bootfahrt machte, fiel mir beim bloßen Fühlen mit der Hand die verschiedene Temperatur des Wassers und der Algenwatten auf, die auf dem Wasser schwammen. Das Wasser war kalt, aber die Algenrasen waren lauwarm. Die Messung mit einem Thermometer ergab im direkten Sonnenlichte an verschiedenen Stellen des Sees:

| Temperatur der Algenwatten | Temperatur des Seewassers |
|-------------------------------|------------------------------|
| 30.5° C | 23° C |
| 31° C | 24° C |
| 31.5° C | 23° C |

Die Temperaturunterschiede betragen in den drei durchgeführten Messungen 7.5°, 7° und 8.5° C. Man könnte zunächst daran denken, daß die Algenwatten durch die Atmung soviel Wärme frei machen und sich dabei erwärmen. Dies ist aber nicht der Fall, denn man kann sich durch Atmungsversuche in Dewargefäßen (Thermoflaschen) leicht überzeugen, daß Algen bei der Atmung nur sehr wenig Wärme entbinden. Die auffallende Erwärmung muß vielmehr auf die energische Absorption der Sonnenstrahlen zurückgeführt werden. Jeder dunkle Körper unterliegt im Lichte

einer solchen Absorption und der grüne Algenrasen darf auch als ein dunkler Körper betrachtet werden.

Der Umstand, daß das zwischen den Algenfäden befindliche Wasser nur sehr langsam durch Strömungen ersetzt wird, muß gleichfalls dazu beitragen, daß die Algenwatte samt dem zwischen den Fadennetzwerk befindlichen Wasser und der Luft im direkten Sonnenlichte eine höhere Temperatur annimmt als das Wasser der Nachbarschaft.

Schließlich sei bemerkt, daß auch andere Wasserpflanzen, wie z. B. die auf dem Wasserspiegel schwimmenden Blätter vom Laichkraut, *Potamogeton natans*, sich im Vergleich zum Wasser im direkten Sonnenlichte bedeutend erwärmen können. An heißen Tagen konnten leichte Temperaturunterschiede von 6—7° C festgestellt werden.

II.

Welche Temperaturen nehmen Pflanzenteile in direktem Sonnenlichte an?

Nach den Untersuchungen von Askenasy können sich namentlich Sukkulente oder sogenannte Fettpflanzen, z. B. *Sempervivum* und *Opuntia*-Arten, im direkten Sonnenlichte beträchtlich erwärmen.

Am 15. Juli nachmittags zeigten bei einer Schattentemperatur von 31° C:

| | |
|---|---------|
| <i>Sempervivum alpinum</i> | 49.3° C |
| im Inneren der Pflanze | 49.7° C |
| <i>Sempervivum arenarium</i> | 48.7° C |
| im Inneren der Pflanze | 48.7° C |
| <i>Sempervivum soboliferum</i> | 43.7° C |
| <i>Sempervivum</i> mit ziemlich breitblättriger Rosette | 51.2° C |

Pflanzen mit weicheren, dünneren und mehr krautigen Blättern erwärmen sich weniger, weil sie ihrer großen Oberfläche wegen Wärme stark ausstrahlen und durch Verdampfung von Wasser Wärme verlieren. —

Da die Temperatur der Luft in den Tropen durchschnittlich höher steigt als im gemäßigten Klima, so benutzte ich einen längeren Aufenthalt in Britisch-Indien, um der Erwärmung der Pflanzen im direkten Sonnenlichte nachzugehen und will aus meinem Versuchsprotokoll folgende Tabelle mitteilen¹⁰⁾. Die Beobachtungen wurden in Kalkutta im Monat März am Beginne der heißen Jahreszeit zwischen 12—3 Uhr mittags ausgeführt.

| Name der Pflanze | Temperatur des Blattes im direkten Sonnenlicht ° C | Temperatur der Luft im direkten Sonnenlicht ° C | Anmerkung |
|------------------------------|--|---|----------------|
| Crinum sp. | 38.5 | 35.5 | windig |
| Croton sp. | 38.5 | 35.5 | " |
| Livistona sinensis | 40 | 35.5 | " |
| Nerium oleander | 37 | 37.5 | " |
| Hibiscus mutabilis | 47.5 | 37.5 | " |
| Helianthus sp. | 37.5 | 37.5 | " |
| Sansevieria cylindrica | 41 | 37 | windstill |
| Bryophyllum sp. | 41 | 37 | schwach windig |
| Cactus sp. | 47 | 36.5 | " " |
| Cactus sp. | 52 | 37 | " " |
| Dieffenbachia sp. | 40 | 40.5 | windig |
| Mangifera indica | 42 | 38 | " |
| Caladium sp. | 38 | 34.5 | " |
| Magnolia mutabilis | 38 | 37.2 | " |
| Oreodoxa regia | 39.5 | 36 | " |
| Cocos nucifera | 40 | 36 | " |
| Coleus sp. | 37 | 36.5 | " |
| Eichhornia crassipes | 41 | 36.5 | " |
| Lilium-Blüte | 36.5 | 36 | etwas windig |
| Erythrina sp. | 39.5 | 36 | " " |
| Amaryllis-Blüte | 34 | 33 | sehr windig |

Die mitgeteilten Versuche in den Tropen besagen also, daß sich auch dort die Pflanzen stark erwärmen und in Übereinstimmung mit Askenasy die Sukkulenten wie *Cereus*, *Cactus* und *Sansevieria* mehr als die Nichtsukkulenten, z. B. *Caladium*, *Coleus* und *Helianthus* sp. Die höchste Temperatur, die ich in den Tropen an Pflanzen feststellen konnte, war 47° C bei *Hibiscus mutabilis* und 52° bei einem *Cereus*. Man sieht, daß die höchsten Temperaturen der Pflanzen in der heißen Zone nicht viel höher sind als in Mitteleuropa, was auf den ersten Blick auffällt, bei näherer Betrachtung aber begreiflich erscheint, da ja Transpiration, Wärmeausstrahlung und der Wind einer Anhäufung von Wärme beständig entgegenarbeiten. Die Pflanze wehrt eine zu starke Erwärmung im direkten Sonnenlichte schon durch ihre große Oberfläche ab, sie muß es ja auch, da bei vielen die Todestemperatur schon bei 45°—50° C liegt.

Eine besondere Empfindlichkeit gegen direkte Sonnenbestrahlung zeigen manche Pflanzen, die während des Winters im Gewächshause gehalten und im Frühling im Freien dem direkten Sonnenlichte ausgesetzt werden. *Sempervivum*- und *Escheveria*-Arten werden braunfleckig und die Nadeln von *Araucaria excelsa* werden braun, hingegen nicht, wenn man sie zunächst 2—3 Wochen im

Freien schattig stellt und erst nachträglich in direktes Sonnenlicht stellt.

Wer Versuche über Erwärmung von Pflanzen in direktem Sonnenlichte machen will, sei darauf aufmerksam gemacht, daß ein einfaches Auflegen des zylindrischen Quecksilberbehälters genaue Ergebnisse nicht geben kann, weil ja dieser nur einseitig dem Blatte aufliegt und von der einen Seite die Temperatur der Luft und von der Gegenseite die des Blattes genießt. Man erhält auf diese Weise nicht die Temperatur des Blattes, sondern nur die Resultante aus Blatt- und Lufttemperatur. Besser ist es, das Blatt, während es am Mutterstocke verbleibt, in einfacher Lage um den Quecksilberzylinder in einer Länge von 1—2 cm umzuwickeln und mit einem zarten Bindfaden zu befestigen.

Bei fleischigen Objekten, z. B. bei Kakteen, empfiehlt es sich, mit dem Korkbohrer ein entsprechendes Loch zu machen und dann das Thermometer einzusetzen. Harder¹¹⁾ bediente sich bei seinen Untersuchungen über die Erwärmung der Pflanzen in der Algerischen Wüste der thermoelektrischen Messung. Auch hier war die Erwärmung in Übereinstimmung mit meinen Ergebnissen in Indien keine übermäßig starke. Bei den Pflanzen feuchter Standorte stieg die Temperatur höchstens auf 40° C und in der Wüste selbst erwärmten sie sich im Maximum auf 44.25° C.

12.

Gasbewegung.

In der höheren Pflanze ist reichlich dafür gesorgt, daß Gase ein- und austreten und innerhalb der Gewebe sich mehr oder minder rasch bewegen können. Wir werden später Gelegenheit haben, bei der Besprechung der Porosität des Holzes zu sehen, wie leicht sich Luft durch die Gefäße hindurchpressen läßt.

Auch die Spaltöffnungen, deren Spalten sich öffnen und schließen können, sorgen in ausgezeichnete Weise für den Gasaustausch, lassen Sauerstoff, Kohlensäure und Stickstoff eintreten und Kohlensäure und Wasserdampf austreten. — Schneidet man das Blatt einer Seerose (*Nymphaea*) samt dem Blattstiel ab, taucht die Spreite unter das Wasser und bläst man mit den Backen kräftig Luft ein, so kann man bemerken, wie kleine Luftblasen an der Oberseite des Blattes über den Spaltöffnungen erscheinen.

Bringt man der Blattspreite mit einer Nadel eine Verletzung bei, so erhebt sich an der Wundstelle beim Einblasen von Luft

in den Blattstiel ein Blasenstrom. Große Luftinterzellularen durchziehen das ganze Blatt und sind auf dem Querschnitt des Blattstiels als große Öffnungen deutlich zu sehen.

Auch lassen sich viele Blätter leicht mit Wasser injizieren. Ein Blatt von *Primula obconica* wird abgeschnitten, die Spreite unter Wasser getaucht, das Ende des Blattstiels in den Mund gesteckt und nun gesaugt. Gleich nach Beginn des Saugens wird, wie man an der Dunkelfärbung einzelner Stellen der Blattunterseite erkennt, das Blatt mit Wasser infiltriert, weil Wasser durch die Spaltöffnungen eindringt und die zwischen den Zellen liegenden Lufträume des Blattes erfüllt. Die injizierten Stellen erscheinen dunkelgrün, die nicht-injizierten aber grau.

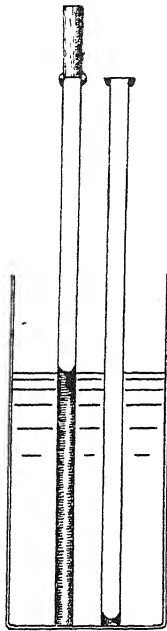


Fig. 4. Versuch über die Durchlässigkeit des Hollundermarkes (links), und die Undurchlässigkeit des Korkes (rechts) für Luft. S. den Text. Original.

Die schwimmenden und untergetauchten Wasserpflanzen sind reich an Lufträumen zwischen den Zellen, und dies wird verständlich, wenn man bedenkt, daß ja die von Wasser benetzten oder untergetauchten Teile der Pflanze dem Sauerstoff der Luft mehr oder weniger entrückt sind und sich daher gewissermaßen mit einer „inneren Atmosphäre“ umgeben müssen, um nicht in Atemnot zu geraten.

Auch das Markgewebe ist von Lufträumen durchsetzt. Durch einen einfachen Versuch läßt leicht zeigen, daß sich Luft selbst durch längere Stücke von Hollundermark durchpressen läßt.

Zu diesem Zwecke befestigt man einen lufttrockenen, 3—5 cm langen Hollundermarkzylinder mit Sieglack luftdicht auf einem Ende eines 30 cm langen und 5—7 mm breiten Glasrohres und stellt es mit seinem unteren Ende in einen mit Wasser gefüllten Glaszylinder oder ein höheres Trinkglas. Man sieht dann, wie sich innerhalb 1—2 Minuten das Wasser im Glasrohr bis zum Wasserspiegel erhebt. Beim Eintauchen steht die Luft im Glasrohr unter dem Drucke des Wassers, wird infolgedessen in die Interzellularen des Markes hineingepreßt und durch diese herausbefördert.

Die Pflanze hat es aber auch oft nötig, sich gegen Luft und Wasser abzusperren und hierzu dient in ausgezeichnete Weise der Kork.

Wir machen, um dies zu beweisen, denselben Versuch wie eben vorhin mit dem Holundermark, nur verwenden wir anstatt dieses ein sehr dünnes, nur aus wenigen Zellagen bestehendes Plättchen von Kork. Ein solches kann leicht von einem guten Korkstöpsel mit einem Rasiermesser quer abgeschnitten und dann an einem Ende des Glasrohres mit Siegelack luftdicht aufgesetzt werden. Stellt man nun das Glasrohr mit seinem unteren Ende in ein Gefäß mit Wasser, so erhebt sich das Wasser im Rohre nur ganz wenig, etwa $1-1\frac{1}{2}$ cm und bleibt dann stehen, weil das Korkscheibchen trotz seiner Dünnhheit für Luft im Gegensatz zum Mark undurchlässig ist. Im Korce gibt es keine Interzellularen, hier schließen die Zellen lückenlos aneinander und ihre Häute sind überdies noch von Natur aus eingefettet.

Selbst bei noch höherem Druck läßt sich Luft durch Kork nicht hindurchpressen. Dasselbe gilt für Wasser. Daher bedient sich die höhere Pflanze mit Vorliebe des Korkes oder Peridermes, um Stamm und Wurzel damit abzuschließen, die Wasserabgabe nach außen zu unterbinden und auch Wunden rasch zu überbrücken.

Der Kork soll aber den Stamm und andere Organe nicht völlig von der Luft abschließen, daher wird er oft von den Rindenporen oder Lentizellen durchsetzt, die als Atemöffnungen angesprochen werden dürfen, da sie für Luft wegsam sind.

Bei einem Spaziergange im Park oder Walde lassen sich leicht Lentizellen an verschiedenen Gehölzen beobachten. Sie treten in Form von Warzen, Pusteln oder Strichen auf. Ihre Größe schwankt. Von kleinen, eben noch sichtbaren Pünktchen bis zu 10 mm großen und noch größeren gibt es viele Übergänge. Sehr leicht aufzufinden sind sie an fingerdicken Zweigen des Hollunders, *Sambucus nigra*, der Roßkastanie, *Aesculus hippocastanum*, der Birke, *Betula alba*, des Kirschbaums u. a.

Legt man Zweige von Weiden, Pappeln, Holunder, Ulmen und holzige Wurzeln von Ulmen und Erlen in feuchten Raum oder in Wasser, so beginnen die Lentizellen nach einiger Zeit zu wuchern und auffallend große, schneeweiße Pusteln zu bilden.

13.

Über Benetzbarkeit der Blätter.

Wenn man das Blatt des Schöllkrauts, *Chelidonium majus*, unter Wasser taucht, so glänzt es wie Silber. Alle Pflanzenteile, die mit einem Wachsüberzug, einem sogenannten Reif bedeckt

sind, zeigen dieselben Erscheinungen. Bereifte Früchte, die Weinbeere, die Pflaume, die Blätter der Gräser, des Kohles, des Caladiums, der Escheveria, sie alle erscheinen unter Wasser metallisch glänzend wie ein Silberspiegel. Dieser auffallende Glanz rührt von einer dünnen Luftschichte her, die sich zwischen die Blattoberhaut und dem Wasser einschiebt und das Licht gänzlich zurückwirft. Auch die zwei weißen Streifen an der Unterseite des Tannenblattes rühren von Wachs her und, wo sich Wachs an der Oberfläche der Pflanze findet, ist sie unbenetzbar.

Tropft man auf die Oberfläche eines Kohlblattes, des Springkrautes, *Impatiens noli tangere*, der Lupine oder des Caladium Wasser, so rollt jeder Tropfen wieder ab, ohne das Blatt zu benetzen. Im Gegensatz dazu gibt es aber viele Blätter, die leicht benetzbar sind. Hierher gehören die sogenannten Samtblätter.

Bei manchen Schattenpflanzen der Tropen sind die Oberhautzellen mehr oder minder papillenartig vorgewölbt. Die Blätter erhalten dadurch einen samtartigen Charakter und lassen sich leicht benetzen. Beispiele: *Anthurium*-, *Begonia*-Arten, *Philodendron Lindenii*, *Cissus discolor*, *Ficus barbata* u. a.

Zu den benetzbaren Blättern gehören ferner: die der Brennnessel, *Urtica dioica*, der Pestwurz, *Petasites officinalis*, vieler Wasserpflanzen und zahlreicher anderer; ja es gibt Pflanzengesellschaften, die fast ganz aus Pflanzen mit benetzbaren Blättern bestehen, wo also ein auf das Blatt fallender Wassertropfen sich wie auf Fließpapier mehr oder weniger rasch ausbreitet. Infolge dieser leichten Benetzbarkeit breitet sich das Tau- und Regenwasser über der Oberseite des Blattes rasch aus, das Blatt wird in kurzer Zeit trocken und vermag dann wieder normal zu transpirieren.

Unterstützt wird diese rasche Wegschaffung des Wassers noch durch eine Vorrichtung, die Stahl als Träufelspitze (Fig. 5) bezeichnet hat und die dadurch zustande kommt, daß das Ende der Blattspreite mehr oder weniger unvermittelt in eine längere Spitze ausläuft.

Stahl¹²⁾ hat gezeigt, daß die Blätter der dem feuchtwarmen Tropengebieten angehörigen Gewächse gewöhnlich durch leichte und schnelle Benetzbarkeit ausgezeichnet sind, fast alle westjavanischen Pflanzen leicht benetzbare Blattoberseiten haben und man lange suchen muß, bis man eine Ausnahme findet. Benetzbarkeit und Träufelspitze wirken gleichsinnig zusammen, um das häufig und lange beregnete Blatt vom Wasser bald zu befreien.

Dasselbe zeigte Jungner¹³⁾ für das überaus regenreiche Klima von Kamerun und ich selbst konnte für die im feuchtwarmen Gebiet Mitteljapans befindliche Flora dasselbe dartun.

Man findet hier nur ausnahmsweise Pflanzen mit nicht benetzbaren Blättern: *Impatiens noli tangere*, *Chelidonium majus*, *Chenopodium album*, *Setaria* sp. und *Oxalis corniculata*. Auch in den feuchtwarmen Gebieten Japans, wo die Blätter sehr leicht benetzbar sind, gibt es viele Blätter mit Träufelspitzen. Ähnliches fand ich in den Vorbergen des Himalaya in Indien. Doch man braucht nicht in die Ferne schweifen, auch in Mitteleuropa findet man an sehr regenreichen Orten gleichfalls eine Flora mit vielen Pflanzen, die benetzbare Blätter haben. Um es kurz zu sagen, fand ich in Lunz in Niederösterreich von etwa 200 wahllos geprüften Gewächsen etwa 75% mit oberseits benetzbaren Blättern.

Dies steht in Übereinstimmung mit den reichen Niederschlägen, durch die dieser Ort und seine nächste Gebirgsumgebung ausgezeichnet ist und lehrt, daß auch in Europa die feuchte Berg- und Alpenregion ähnliche Verhältnisse bezüglich der Benetzbarkeit der Blätter erkennen läßt, wie auf Java und in Japan, obgleich in geschwächtem Grade.

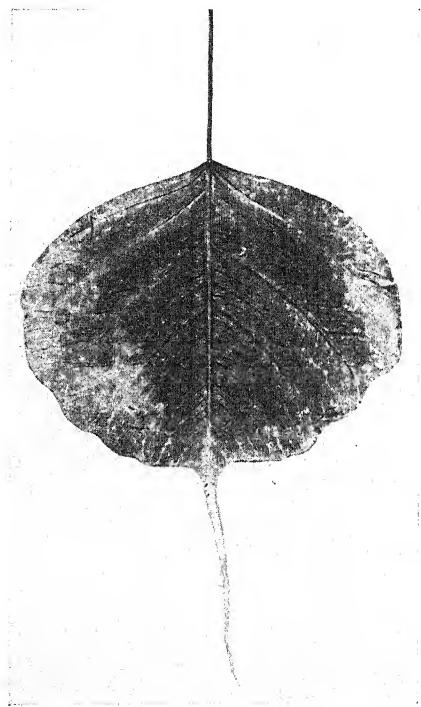


Fig. 5. *Ficus religiosa*, Blatt mit typischer Träufelspitze.

14.

Ein ins Wasser getauchter Finger bleibt trocken.

Um diesen Versuch zu machen, verwenden wir die Sporen vom Bärlapp, *Lycopodium clavatum*. Diese werden vom Volke zum Betupfen und Trockenmachen wunder Stellen bei Säuglingen benutzt und sind als „Semen Lycopodii“ oder „Hexenmehl“ offizinell.

Auch als „Blitzpulver“ wird es seit langer Zeit im Theater verwendet, denn seine rasche Aufflammbarkeit beim Einstreuen in eine Flamme ist tatsächlich eine überraschende.

Die Bärllappsporen sind sehr schwer benetzbar, auf Wasser gestreut bleiben sie tagelang trocken. Darauf beruht nun das auf den ersten Blick unverständliche Experiment, einen Finger ins Wasser zu tauchen und trotzdem trocken herauszuziehen. Zu diesem Zwecke fülle man ein Trinkglas mit Wasser und streue darauf eine gute Messerspitze voll Hexenmehl. Nachdem sich dieses gleichmäßig von selbst oder mit einiger Nachhilfe auf der Wasseroberfläche verteilt hat, tauche man den Finger bis über den Nagel ins Wasser. Zieht man ihn wieder heraus, so erscheint der Finger zur Überraschung des Beobachters unbenetzt. Und die Erklärung? Die Sporen bilden auf der Wasseroberfläche eine fast geschlossen, unbenetzbare Haut. Diese legt sich beim Eintauchen ähnlich wie der Handschuh an den Finger und bewahrt ihn vor der Benetzung.

Wenn das Experiment sicher gelingen soll, muß die Hexenmehlhaut ziemlich dicht sein, auch darf der Finger nicht zu tief eingetaucht werden, am besten nur bis zum ersten Gelenk, weil sonst die Sporenmasse zur Bedeckung des Fingers nicht ausreicht.

Mit dem äußerlich ähnlich aussehenden Blütenstaub der Föhre, *Pinus silvestris*, gelingt der Versuch nicht, weil der Pollen leicht benetzbar ist.

15.

Erschütterungsbewegung wachsender Sprosse.

Es ist eine von Hofmeister¹⁴⁾ entdeckte, näher untersuchte und bei Gefäßpflanzen weit verbreitete Erscheinung junger, aufrechter, noch im Wachstum begriffener Sprosse nach mechanischen Erschütterungen Beugungen anzunehmen, die sich nach einiger Zeit wieder ausgleichen. Ein Beispiel:

Wird der aufrechte Stengel von *Erigeron canadense* an dem unteren, bereits ausgewachsenen Stengel mit einem Stock ein bis mehrere Male plötzlich heftig gestoßen, so schreitet die dadurch hervorgerufene Wellenbewegung empor und ruft in dem jungen, noch plastischen Stengelende sogleich eine Krümmung hervor. Der Gipfel neigt über, und zwar ist die Seite die konkave, von der der Schlag gekommen ist. Diese Erscheinung kann an vielen Pflanzen beobachtet werden, so an: *Amarantus retroflexus*, *Ampelopsis*

hederacea, Impatiens nolitangere, Verbascum-Arten, Digitalis purpurea, Fagopyrum, Lythrum u. a.

Je nach der Plastizität des Stengelteiles, in dem sich die Krümmung vollzieht, genügen 1, 3—4 oder 20 Schläge und mehr, um die Krümmung hervorzurufen.

Der Versuch kann auch in der Weise ausgeführt werden, daß man den Stengel in dem bereits verholzten, ausgewachsenen Teil mit der Hand faßt und rasch hin und her bewegt. Auch wenn man den Stengel abschneidet, in der Hand hält und schüttelt, neigt sich das Stengelende in der biegsamen Zone unterhalb des Gipfels über.

Die Krümmungsebene fällt mit der Schwingungsebene zusammen und die Neigung des Gipfels erfolgt in diesem Falle bald nach der einen, bald nach der anderen Seite und nur dann nach einer bestimmten, wenn die Schwingungen willkürlich einseitig stärker vollführt wurden als nach der Gegenseite.

Markiert man mit Tuschepunkten die Länge der biegsamen Stelle und mißt man die Länge nach der Erschütterung und dem Eintritt der Krümmung wieder, so zeigt sich, daß die konvexe Seite sich verlängert, die konkave verkürzt hat. Die Verlängerung kann bei verschiedenen Pflanzen 0.5—3.5% und die Verkürzung 0—2% betragen.

Warum krümmt sich der Stengel in der Zone unter dem Gipfel? Weil das Gewebe hier wenig elastisch, aber verhältnismäßig dehnbar ist, vergleichbar einem Bleidraht. Daher behält die plastische Zone eine ihr aufgezwungene Krümmung bei, aber nicht dauernd; denn der überneigende Gipfel kommt in eine für den Geotropismus günstige Lage, er wird durch die Schwerkraft gereizt, die Unterseite des überneigenden Sprosses wächst stärker als die Oberseite, er richtet sich negativ geotropisch auf und streckt sich gerade.

Die geschilderte Erschütterungskrümmung ist nicht, wie Hofmeister irrtümlich vermutete, eine Reizerscheinung, sondern nichts anderes als ein aus mechanischen Gründen erfolgter physikalischer Vorgang in einer verhältnismäßig stark plastischen Gewebezone.

16.

Blätter, durch die man sehen kann.

Es gibt Blätter, die so dünn und durchscheinend sind, daß man durch sie in trockenem Zustande größeren Druck lesen kann. Ich konnte mich davon überzeugen bei *Potamogeton gramineus*, *P. lucens*, bei buntweiß panaschierten *Caladien* und einer weiß panaschierten *Ficus*-Art.

III. Chemisches.

I.

Saure und alkalische Säfte.

Sauerampfer und Sauerklee verraten schon mit ihrem Namen den großen Säuregehalt ihres Saftes. Wird aus dem Blattstiel des Sauerklee (*Oxalis acetosella*) oder aus dem Stengel des Sauerampfers (*Rumex acetosa* oder *R. acetosella*) ein Tröpfchen Saft ausgepreßt und auf einen Streifen blauen Lackmuspapier gebracht, so entsteht an der benetzten Stelle sofort ein roter Fleck. Der Saft dieser Pflanze ist reich an saurem oxalsauren Kali (Kleesalz) und dieses ruft die Rötung des Papiers hervor. Organische Säuren der verschiedensten Art: Oxalsäure, Weinsäure, Apfelsäure, Zitronensäure u. a. kommen im Pflanzenreiche häufig vor und daher gelingt der beschriebene Lackmuspapierversuch mit dem frisch ausgepreßten Saft fast jeder höheren Pflanze⁴⁷⁾. —

Um so auffallender ist es daher, daß in einigen Fällen entweder spontan oder nach Verwundung aus der Pflanze austretende Säfte alkalisch reagieren und daher rotes Lackmuspapier bläuen. Die Birnenblüten (*Pirus domestica*) sondern aus dem Blütenboden eine klare Flüssigkeit ab, die infolge des Trimethylamingehaltes stark nach Heringslake riecht. Besonders reichlich erfolgt die Absonderung, wenn man einen frisch aufgeblühten Birnensproß in ein Glas Wasser stellt und überdies noch mit einer Glasglocke bedeckt. Rotes Lackmuspapier wird von dem ausgeschiedenen Saft stark gebläut.

Eine deutliche Bläue tritt auch ein, wenn der Stengel einer Kürbispflanze (*Cucurbita pepo*), einer Gurke oder Melone quer durchschnitten und der ausfließende Tropfen auf das rote Lackmuspapier gebracht wird. Der Saft strömt aus ziemlich breiten Röhren, den sogenannten Siebröhren hervor und das in ihm reichlich vorhandene Kaliumphosphat ist die Ursache der Bläue. Solcher alkalischer Saft kommt auch aus dem durchschnittenen Blattstiel und den angeschnittenen Früchten des Kürbis hervor.

2.

Pflanzen, die Trimethylamin aushauchen.

Chenopodium vulvaria ist eine auf Schutt und Wegen nicht selten vorkommende, nach faulen Heringen riechende Pflanze; daher der Name stinkender Gänsefuß. Nähert man der Pflanze

einen mit verdünnter Salzsäure benetzten Glasstab, so treten Nebelwölkchen auf, wie es zu sehen ist, wenn man einen solchen Stab über verdünntes Ammoniak hält. Wicke⁴⁶⁾ hat nachgewiesen, daß der von den grünen Organen ausgehauchte Stoff Trimethylamin ist.

Ähnliche Versuche lassen sich mit den Blüten von *Crataegus oxyacantha*, *Pirus communis* und *Sorbus aucuparia* machen. Nicht zu alte Blütensprosse der Birne in ein Glas Wasser gestellt und mit einer Glasglocke bedeckt, zeigen im Blütengrunde reichliche Ausscheidung einer alkalisch reagierenden Flüssigkeit, die gleichfalls Trimethylamin enthält und den eigenartigen Geruch der Birnenblüten hervorruft. Über die weite Verbreitung von Ammoniak in der Pflanze, das auch in kleinen Mengen regelmäßig und andauernd entweicht, und über das Vorkommen von in vielen Blüten und manchen Blättern entstehenden flüchtigen Basen, Methylamin, Dimethylamin, Trimethylamin, 2-Butylamin und 1-Amylin liegen ausführliche Untersuchungen von G. Klein und M. Steiner vor⁴⁶⁾.

3.

Das Ausspritzen von Ameisensäure durch Ameisen.

Daß Ameisen, wenn sie gereizt werden, eine Säure abscheiden, kann leicht gezeigt werden, wenn man einen Ameisenhaufen mit einem Stock aufwühlt. Es kommen dann massenhaft Ameisen aus dem Haufen hervor, nehmen eine Kampfstellung ein und spritzen Ameisensäure aus. Legt man blaue Blüten des Vergißmeinnichts oder der Glockenblume auf das Ameisengewimmel, so werden die Blüten rot gesprenkelt, weil die erwähnte Säure in die Blumenkrone eindringt und das hier vorhandene violette Anthokyan in rot umfärbt.

Wie reichlich die Ameisensäure abgeschieden wird, erkennt man durch Auflegen eines Augenglases oder Ermangelung eines solchen einer Glasplatte auf die hin und her rennenden Ameisen. Schon nach einer Minute erscheint das Glas mit klaren Tröpfchen wie besät und riecht deutlich nach Ameisensäure.

4.

Cumarinduft.

In den Monaten Mai und Juni trifft man in schattigen Hainen und Wäldern häufig den allbekannten Waldmeister (*Asperula odorata*). Sein eigenartiger Duft rührt von Cumarin her. Die Pflanze hat die merkwürdige Eigentümlichkeit, im welken Zustande

stärker zu duften als im ganz frischen. Die meisten cumarinhaltigen Pflanzen: das auf Wiesen so häufige Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*), das Mariengras (*Hierochloa australis*), das Weichselrohr (*Prunus mahaleb*) und der Steinklee (*Melilotus officinalis*) verhalten sich ebenso, ja das aus Texas stammende, in unseren Gartenanlagen als Teppichpflanze so oft verwendete *Ageratum mexicanum*¹⁵⁾ duftet im lebenden Zustande überhaupt nicht nach Cumarin, wohl aber in trockenem oder gefrorenem. Wenn im Herbste der erste Frühfrost die Ageratumbestecke vernichtet, erfüllen die erfrorenen Pflanzen die Luft mit dem uns so sympathischen Cumarinduft. Hier entsteht der genannte Stoff nach dem eingetretenen Tode der Pflanze. Es ist dies ein schönes Beispiel dafür, daß in der Pflanze nach dem Absterben Stoffe entstehen, die in der lebenden noch nicht vorhanden waren. Der gute Heugeruch stammt ja auch erst von Stoffen her, die in dem frischen Gras noch nicht oder nicht in solchen Mengen vorhanden waren wie in trockenem.

5.

Über Eisenspeicherung nach dem Tode.

Es ist bekannt, daß Gerbstoffe mit Eisenverbindungen, z. B. mit Eisensulfat oder Eisenchlorid, entweder grüne oder blaue bis blauschwarze Verbindungen geben. Darauf beruht es, daß manche Pflanzenteile nach ihrem Absterben in Berührung mit Wasser oder dem Boden eine schwarze Farbe annehmen. So fiel mir auf, daß die Blätter des Laichkrautes, *Potamogeton natans*, nach dem Absterben beim Liegen im Wasser kohlschwarz werden. Die mikroskopische Untersuchung ergab, daß solche Blätter von einer Eisenverbindung geradezu strotzen. Verascht man ein solches Blatt, so erhält man eine tiefrostbraune, größtenteils aus Eisenoxyd bestehende Asche.

Die Blätter von *Potamogeton natans* sind im lebenden Zustande sehr gerbstoffreich und wenn sie absterben, was im Herbste der Fall ist, so wird das aus dem Wasser in die toten Zellen eintretende Eisen als gerbsaures Eisen gefällt und das geschieht so lange, bis alle Gerbsäure abgesättigt ist. Auf diese Weise kommt es zu einer so erstaunlichen Eisenanhäufung, daß die Blätter ganz schwarz werden und beim Veraschen Eisenskelette hinterlassen. —

Die Wassernüsse von *Trapa natans*, einer in Seen oft in großer Menge vorkommenden Wasserpflanze, erscheinen vor ihrer völligen

Reife gewöhnlich nicht schwarz, sondern hellbraun und erst später nach längerem Liegen in eisenhaltigem Wasser werden sie schwarz und endlich kohlschwarz, aus denselben Gründen wie die Blätter des Laichkrauts.

Die Samenschalen der Roßkastanie, *Aesculus hippocastanum*, haben zunächst eine braune Farbe, nehmen aber, wenn sie lange Zeit in Wasser oder feuchtem Sande gelegen sind, eine schwarze Farbe an. Die Samen, die man im Frühjahr am Donaustrand, in Tümpeln und Teichen herumliegen sieht, sind alle schwarz.

Bringt man im Herbst reife braune Roßkastaniensamen in eine sehr verdünnte Lösung von Eisenchlorid oder Eisensulfat, so kann man schon nach wenigen Tagen beobachten, daß sie schwarz werden. Was in der Natur langsam geschieht, geschieht in diesem Versuch rasch.

Noch eine andere Erscheinung hängt mit der Eisenspeicherung durch Gerbstoffe in toten Pflanzenteilen zusammen.

Der Atmosphäre und dem Regen ausgesetzte Bretterwände und Holzzäune, in denen eiserne Nägel eingeschlagen sind, lassen häufig einen vom Nagel nach abwärts gerichteten, mehrere Zentimeter langen, schwärzlichen Streifen erkennen. Dieser ist gleichfalls auf eine örtliche Eisenspeicherung im Holze zurückzuführen. Das Eisen des Nagels wird durch die Kohlensäure des Regenwassers in geringen Mengen gelöst und diese Eisenspuren verbinden sich mit dem Gerbstoff des Holzes und veranlassen so die Bildung von dunklem Gerbstoffeisen in Form des schwarzen Streifens. Dies geschieht nur in toten Zellen, denn in der lebenden Zelle kommt es nicht zur Bildung von Gerbstoffeisen.

6.

Bräunung und Vergrauung des Holzes.

Bräunung. Im Freien kann man oft beobachten, daß die längere Zeit dem Lichte und den Atmosphärrillen ausgesetzten Holzbauten, Planken, Telegraphenstangen, Dachschindeln und Weinstockpfähle eine braune Farbe annehmen. Das frische Holz ist gelb, nach und nach nimmt es aber unter den erwähnten Umständen eine braune Farbe an, besonders deutlich das Nadelholz.

Sind diese Hölzer von Zeit zu Zeit auch dem Regen ausgesetzt, so geht die braune Färbung allmählich in eine graue oder silbergraue Färbung über.

An im Gebirge befindlichen Holzhäusern kann man leicht beide Verfärbungen des Holzes feststellen, und zwar sieht man die unter dem vorspringenden Dach und vor Regen geschützten Bretter braun, die knapp daran stoßenden, dem Regen ausgesetzten Holzteile aber grau.

Die Ausdrücke Vergraung und Bräunung des Holzes rühren von Wiesner¹⁷⁾ her, der zuerst die Aufmerksamkeit auf diese Erscheinungen gelenkt hat.

Nach meinen Erfahrungen ist die Bräunung die Vorläuferin der Vergraung. Zuerst bräunt sich das Holz im Lichte und dann ergraut es in diesem unter dem Einfluß der Atmosphärilien. Während dieser beiden Vorgänge wird das Lignin der Holzzellen zerstört, so daß von den Wänden nur Zellulose zurückbleibt. Die vergrauten Zellwände geben jetzt die Zellulose-, aber nicht mehr die Holzstoffreaktion. Die früher fest miteinander verwachsenen Zellen gehen bei der Vergraung aus dem Verbande, die oberflächlich gelegenen lassen sich leicht mit einer Pinzette abheben oder mit einem Messer abschaben und erscheinen oft wie ein silbergrauer Filz.

Wiesner schreibt die Bräunung und Vergraung des Holzes den Atmosphärilien zu. Mit Recht. Aber er spricht nicht von der Einwirkung des Lichtes, obwohl dieses gewiß einen großen Einfluß auf den Zerstörungsprozeß des Holzes und insbesondere auf die Bräunung hat. Dies läßt sich leicht durch folgende Versuche beweisen.

1. Ein Streifen weißes Zeitungspapier, das aus Holzstoff besteht und die Holzstoffreaktion mit Phlorogluzin und Salzsäure gibt, wird zwischen die Blätter eines Buches so gelegt, daß die obere Hälfte dem direkten Sonnenlichte ausgesetzt ist, die untere aber zwischen den Blättern des Buches im Finstern liegt.

Schon nach 1—4 Tagen läßt sich der Beginn der Vergilbung erkennen.

Derselbe Versuch mit einem frisch gehobelten dünnen Fichtenbrettchen oder irgendeinem Nadelholzspan ausgeführt, zeigt, daß die Bräunung sich auch schon ungefähr nach derselben Zeit einstellt wie beim Holzschliffpapier.

Die Vergilbung des Holzschliffpapiers und die Bräunung des Holzes sind meiner Meinung nach im wesentlichen gleiche Vorgänge, bedingt durch Licht und Sauerstoff.

7.

Versuche mit Anthokyan^{9 u. 18.}).

Zu den im Pflanzenreiche weitverbreiteten Farbstoffen gehört auch das Anthokyan oder Blumenblau. Die blaue Farbe der Glockenblume, des Vergißmeinnichts, des Enzians, die rote Farbe der Rose, des Mohns, der Kirsche, des Apfels, die violette des Veilchens und vieler anderer Blüten rühren von Anthokyan her. Doch wie kommt es, daß dieser Farbstoff so viele Farbentöne hervorruft? Dies kommt 1. daher, weil es nicht bloß ein Anthokyan, sondern eine ganze Gruppe von Anthokyanen gibt, die eine Reihe gemeinsamer Eigenschaften haben und 2. weil ein und dasselbe Anthokyan, in verschiedenen Farbentönen erscheint, je nach dem es in saurer, alkalischer oder neutraler Lösung vorliegt. Dies lehrt folgender

Versuch.

Um sich eine Anthokyanlösung leicht zu verschaffen, genügt es, Blätter des am Markte leicht käuflichen Rotkrautes in siedendes Wasser einzulegen. Sobald die Zellen durch die Hitze getötet werden, tritt der Farbstoff aus dem Blatte heraus und färbt das Wasser violett.

Fügt man zu dieser Lösung eine Spur Salzsäure oder eine andere Säure, so schlägt der violette Farbenton in rot und beim Hinzufügen einer Spur eines Alkali, in Form von Ammoniak, zu der violetten Lösung in blau oder grün um. Die grüne Farbe muß als eine Mischfarbe gedeutet werden von blau und gelb. Das Gelb rührt von in Blüten weitverbreiteten Flavonen her, die sich mit Alkalien gelb färben. Die Verbindungen der Anthokyane mit Säuren sind rot, ihre neutrale Form ist violett und ihre Alkalisalze sind blau. Aus dem Gesagten ergeben sich die verschiedenen Farben-
nancen des Anthokyans, gefaßt als Gruppenbegriff.

Wandlung der Anthokyanfarbe in ein und derselben Blüte.

Wenn die Blumenkrone in der Knospe des Lungenkrauts, *Pulmonaria officinalis*, der Vergißmeinnichtarten (*Myosotis*), des Natterkopfes, *Echium vulgare*, u. a. rot, später beim Öffnen blauviolett und schließlich blau wird, so ist dies auf die verschiedene Reaktion des Zellsaftes zurückzuführen, in dem das Anthokyan gewöhnlich gelöst vorkommt. In der Knospe reagiert der Zellsaft sauer, später neutral und zuletzt schwach alkalisch. Dement-

sprechend erscheint die Blüte erst rot, dann violett und schließlich blau.

Verhalten von anthokyanhaltigen Blüten in Salzsäure- und Ammoniakdämpfen.

Die vorher in der Proberöhre mit einer Anthokyanlösung durch Zusatz von Säuren oder Alkalien erzielten Farbenumschläge kann man auch mit anthokyanhaltigen Blüten erzielen.

Die blaue Blüte des Vergißmeinnicht über den Rauch einer glimmenden Zigarette oder Zigarre gehalten, färbt sich alsbald grün. Warum? Weil im Tabakrauch sich eine alkalische Substanz, das kohlen saure Ammoniak, befindet. Dieses dringt in das Gewebe bis zum Anthokyan und ändert die blaue Farbe in grün.

Werden Blüten des Märzveilchens, *Viola odorata*, unter eine Glasglocke gebracht, in der sich ein Schälchen mit Ammoniak befindet, so werden sie schon nach wenigen Minuten grün, dagegen rot, wenn man statt Ammoniak starke Salzsäure verwendet. Sowohl das Ammoniak als auch die Salzsäure vergiften die Blüten, treten in die Zellsäfte ein und erzeugen die Farbenumschläge des Farbstoffes.

Mit gleichem Erfolge können solche Versuche auch mit anderen anthokyanhaltigen Blüten, sogar mit ganzen Blütensträußchen ausgeführt werden. Man erhält dann, da nicht alle Anthokyane gleich reagieren und auch andere Stoffe (Flavone usw.) auf Ammoniak und Salzsäure durch Farbenänderungen antworten, ganz überraschende Farben, sozusagen „Augenblickszüchtungen“ aus dem chemischen Laboratorium.

Von der Eigenschaft des Anthokyans, sich mit Säuren rot zu färben, machten die Gärtner vor längerer Zeit auch praktischen Gebrauch, indem sie die violetten, immortellenartigen Blütenköpfchen der wild vorkommenden und kultivierten Spreublume, *Xeranthemum annuum*, und der „gefüllten“ Gartenaster durch Eintauchen in verdünnte Salzsäure lebhaft rot färbten und dann im getrockneten Zustande für Kränze verwerteten.

Anthokyan und Schwefeldioxyd.

Anthokyan wird durch Schwefeldioxyd entfärbt. Eine rote Rose, über ein brennendes Schwefelzündhölzchen gehalten, zeigt alsbald weiße Ränder und ebensolche Flecken. Werden Rosen, violette Veilchen, Astern und andere anthokyanhaltige Blüten in einen verschließbaren Glaszylinder getan und darin ein Stückchen

Schwefelband entzündet, so daß der Raum mit Schwefeldioxyd erfüllt ist, so werden die Blüten nach einigen Minuten ganz weiß, hernach in die Luft gebracht nach längerer Zeit wieder wie ursprünglich gefärbt.

Um Atern künstlich zur Immortelle zu machen, verfahren die Gärtner in folgender Weise: Die frisch geschnittenen Atern werden in einer gut verschließbaren Kiste auf Stangen paarweise aufgehängt. Dann wird auf einem Schälchen Schwefelpulver angezündet, rasch durch eine an der Basis der Kiste befindliche Öffnung in diese hineingeschoben und sofort verschlossen. Der Schwefel verbrennt zu Schwefeldioxyd, erfüllt den Kistenraum, tötet die Blüten und entfärbt sie. Die Blüten verbleiben 24 Stunden in der geschlossenen Kiste, dann werden sie herausgenommen und auf Schnüren an einem luftigen, schattigen Ort (unterm Dachstuhl des Hauses) aufgehängt. Hier nehmen die völlig weiß gewordenen Atern ihre natürliche rote, blaue oder violette Farbe wieder an, behalten beim Trocknen ihre Form und lassen ihre Blüten, da sie durch die schwefelige Säure getötet wurden und daher keine Trennungsschichten zu bilden vermochten, nicht abfallen. In der Gärtnerei meines Vaters wurden viele Tausende solcher trockener Atern, die nach Farbe und Form ausgezeichnet erhalten waren, für Kränze zur Allerheiligenzeit verwendet.

Anthokyan und Temperatur.

Manche Anthokyan enthaltende Blüten nehmen bei höherer Temperatur eine andere Farbe an als bei niederer. *Myosotis dissitiflora* (Perfektion), die im Winter im Gewächshaus blüht, weist nach meinen Beobachtungen eine verschiedene Blütenfarbe auf, je nachdem sie bei nieder oder höherer Temperatur gehalten wird. Bei einer Temperatur von 5—7° C sind die Blüten rot, bei höherer blauviolett oder blaßblau.

Eine ähnliche Beobachtung machte Hildebrandt an den Blüten von *Ipomoea Leari*. Diese sind dunkelviolett; wenn aber die Temperatur im September bis auf 2° C sinkt, so werden sie rotviolett, manchmal rein rosa. Ähnliches zeigen die Blüten von *Ipomoea rubrocoerulea*. Diese erscheinen bei höheren Temperaturen himmelblau, bei niederen aber violettrot.

Die Blüten des Storchschnabels, *Erodium grinum*, sind nach Fitting bei einer Temperatur bis etwa 20° C blau, bei höheren weinrot, rosa, bei sehr hoher farblos.

Der im Gewächshaus bei hoher (30°C) Temperatur getriebene Flieder blüht nicht wie bei niederen Temperaturen lila, sondern weiß, und ebenso verhält sich *Primula sinensis*. Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, daß noch andere anthokyanhaltige Blüten und Organe gleichfalls, wenn hoher Temperatur ausgesetzt, kein Anthokyan bilden und daher weiß erscheinen werden, doch fehlen darüber einschlägige Versuche.

Über eine auffallende Farbenwandlung einer Blüte durch Wassertröpfchen und Kohlensäure¹⁹⁾.

Unter den vielen Varietäten der Trichterwinde, *Ipomoea purpurea* (L.) Lam., gibt es eine, deren Blumenkrone blauviolett ist und, wenn die bekanntlich ephemere Blüte sich bereits zum Einrollen rüstet, völlig violett wird. Die Blütendauer ist je nach der Witterung verschieden. An heißen August- und Septembertagen schließen sich die Blüten bei einer Temperatur von etwa 24°C schon zu Mittag, an kühlen September- oder Oktobertagen bei einer Temperatur von $13\text{--}15^{\circ}\text{C}$ erst gegen Abend, bei noch niedriger zuweilen erst am nächsten Tag. Vor dem Schließen geht die Verfärbung von Blauviolett in Rotviolett vor sich.

Wenn man nun die blauvioletten Blüten der genannten Trichterwinde knapp nach einem Regenwetter betrachtet, so kann man bemerken, daß die Blumenkrone im Ausmaße jedes daran haftenden Wassertröpfchens rot gefärbt erscheint. Auch wenn man die Blumenkrone mit destilliertem Wasser betropft, stellt sich nach etwa $\frac{1}{2}$ Stunde die Farbenwandlung nach rot unter den Tröpfchen ein. Wasser, das reich an gelösten Kalkkarbonaten ist, eignet sich weniger dazu, wahrscheinlich wegen seiner alkalischen Reaktion.

Versuche von mir haben gelehrt, daß es die in den Tröpfchen vorhandene Kohlensäure, vermehrt durch die Atmungskohlensäure der Korolle, ist, die die Rötung verursacht. Wenn diese Erklärung richtig ist, dann muß die Farbenänderung auch eintreten, wenn eine blaue *Ipomoea*-Blüte in Luft gebracht wird, die beträchtlich reicher an Kohlensäure ist als die normale. Bringt man eine blaue *Ipomoea*-Blüte in einen Ein-Viertel-Liter-Kolben, läßt man die Atemluft kurze Zeit hinzu und verschließt mit Kork, dann schlägt die Farbe innerhalb 2—4 Minuten in Rot um. Die ausgeatmete Luft des Menschen enthält etwa durchschnittlich 4,38% Kohlen-

säure. Man muß also annehmen, daß schon bei dieser Konzentration die Rotfärbung eintritt.

Der Versuch ist umkehrbar, denn wenn man die schon rotgewordene Blüte aus der Atemluft heraus und in gewöhnliche Luft bringt, so nimmt sie nach einigen Minuten ihre ursprüngliche Farbe wieder an. Ein lehrreicher Versuch, denn er zeigt:

1. daß man durch eine kleine Erhöhung des Kohlensäuregehaltes der Luft vital eine Farbenwandlung der Blüte hervorrufen kann,
2. daß das Anthokyan unserer Blüte auf Kohlensäure in höchst empfindlicher Weise durch einen Farbumschlag reagiert und
3. daß die Kohlensäure ungemein rasch und leicht in die Korolle eindringt, obwohl Spaltöffnungen hier nicht vorkommen. Die Kohlensäure muß demnach, da sich die Farbenveränderung im Zellsaft, wo der Farbstoff gelöst vorkommt, vollzieht, nicht nur die Kutikula und die übrige Zellhaut, sondern auch das Plasma spielend leicht durchdringen. Dies gilt sowohl für den Ein- als auch für den Austritt des Gases.

Auffallenderweise gelingt der Versuch mit anderen blauen Blüten anderer Pflanzen, die darauf untersucht wurden, nicht.

Über Steigerung der Anthokyanbildung durch das Experiment.

Viele Pflanzen besitzen im Frühling und Sommer grüne Blätter, im Spätsommer und Herbst aber werden dieselben Blätter rot. Man erinnere sich nur an die prächtige Rotfärbung der Blätter des wilden Weins, *Ampelopsis quinquefolia*, *Vitis Veitchii*, des Weinstockes, *Vitis vinifera*, des gemeinen Hartriegels, *Cornus sanguinea*, der Heidelbeere, *Vaccinium myrtillus* u. a.

Die wunderbaren Färbungen des herbstlichen Waldes mit seinen gelblichen, bräunlichen, rotbraunen und roten Farbtönen wird durch die im Herbst einsetzende Anthokyanbildung wesentlich beeinflusst. Licht und niedere Temperatur wirken auf diese sehr günstig ein.

Man kann aber durch ein einfaches Experiment die Entstehung des roten Farbstoffes beschleunigen und begünstigen, wenn man in folgender Weise verfährt. Werden in einen Weingarten Stöcke,

die blaue Beeren tragen und zur Bildung von Anthokyan befähigt sind, ausgewählt und werden dann Zweige dieser Ende Juli und Anfang August, wenn die Blätter noch grün sind, in der Mitte ihrer Länge durch einen queren, etwa bis zu zwei Drittel des Holzkörpers eindringenden Schnitt verletzt, so färben sich schon nach 2 bis 3 Wochen im August alle oberhalb der Wundstelle liegenden Blätter bei den Versuchszweigen intensiv rot, während sich die unterhalb des Schnittes befindlichen Blätter in höchst auffallender Weise durch ihre grüne Farbe abheben.

Selbst an einem einzelnen Blatte kann der Einfluß einer Verletzung auf die Anthokyanbildung veranschaulicht werden, wenn man im August das noch grüne Blatt des Weinstocks, der Jungfernrebe oder des Hartriegels in der Weise verletzt, daß man in der Mitte des Blattes die Mittelrippe und seine nächste Umgebung mit einem Messer quer durchschneidet. Schon nach 14 Tagen rötet sich die obere über der Schnittwunde liegende Blatthälfte in Gegensatz zu der unteren, die noch längere Zeit grün bleibt und sich erst viel später rötet. Bekanntlich werden die bei Tage im Blatte gebildeten Assimilate (Stärke, Zucker, Eiweiß) während der Nacht abgeleitet. Wenn aber der Mittelnerv durchschnitten ist, dann ist die Assimilatenstraße unterbrochen, die Assimilate können nicht oder nur zum geringen Teile abgeleitet werden und häufen sich daher in der oberen Blatthälfte des Blattes an. Diese fördern nun die Bildung des roten Farbstoffes. Wissen wir doch, daß die Anthokyanentstehung durch künstliche Zufuhr von Zucker sehr gefördert wird und daher erklärt sich die Beschleunigung der Farbstoffbildung in den geschilderten Versuchen von selbst.

Eine Anhäufung der Assimilate kann auch beim Baume durch Ringelung, durch die Stammschlinge und durch Brechen der Zweige herbeigeführt und eben dadurch die Rötung der Blätter beschleunigt werden. —

Ringelt man einen Ast eines Baumes, dessen Blätter sich im Herbst röten, im Frühjahr, indem man die Rinde in Form eines daumenbreiten Ringes abträgt, so tritt die Rötung der Blätter oberhalb der Wunde viel früher und intensiver ein als unterhalb des Ringes oder an den unversehrten Nachbarästen. Durch die Ringelung wird auch hier eine Stauung der Assimilate, unter anderem auch des Zuckers bewirkt und dieser fördert, wie bereits bemerkt, die Entstehung des Anthokyans.

Über den Farbenwechsel anthokyanhaltiger Blätter bei rasch eintretendem Tode²⁰⁾.

Vorher wurde angegeben, wie man aus Rotkrautblättern leicht eine Anthokyanlösung durch Eintauchen in siedendes Wasser erhält. Auch violette Märzveilchen- und blaue Stiefmütterchenblüten können namentlich durch Verreiben mit etwas Wasser zur Gewinnung einer Anthokyanlösung herangezogen werden. Aber nicht alle roten oder violetten Blätter eignen sich dazu, denn wenn man z. B. die sehr anthokyanreichen Blätter der *Perilla nankinensis* oder des *Coleus Verschaffelti* in siedendes Wasser bringt, erhält man keine.

Taucht man ein frisch gepflücktes purpurnes Perillablatt dieser zur Einfassung von Teppichgruppen häufig benutzten Labiate in siedendes Wasser, so wird das Blatt nach wenigen Augenblicken mit Ausnahme des violett bleibenden Geäders grün, wobei sich das Wasser, selbst wenn nur wenig zum Versuch benutzt wurde, gar nicht oder nur unbedeutend schmutzig grün oder schmutzig violett färbt. Flüssigkeit und Blatt werden bei darauffolgender Behandlung mit verdünnten Säuren intensiv rot — ein Beweis, daß der Farbstoff unmittelbar nach der Tötung des Blattes zum Teil im Blatte, zum Teil in Wasser in unveränderter Form vorhanden war.

Was ist nun die Ursache der Entfärbung? An eine Zerstörung des Anthokyans infolge der Erwärmung auf 100°C ist natürlich nicht zu denken, da dieser Farbstoff eine solche Temperatur ohne Schädigung verträgt. Desgleichen darf die Grünfärbung des Blattes auch nicht auf einen bloßen Austritt des Pigmentes ins Wasser zurückgeführt werden, denn dann müßte ja dieses in Anbetracht der großen im Blatte befindlichen Anthokyanmenge intensiv gefärbt werden. Dies ist aber nicht der Fall. Zudem tritt die Farbenwandlung des Blattes auch in heißen Wasserdämpfen und im Luftbad bei einer Temperatur von 70°C also unter Umständen ein, wo von einem Austritt des roten Farbstoffes nicht die Rede sein kann.

Die Entfärbung hat folgenden Grund. Wie bekannt reagiert der Zellsaft in der Regel sauer oder neutral, das Plasma aber stets deutlich alkalisch. Solange die Zelle lebt, sind Plasma und anthokyanführender Zellsaft räumlich getrennt und das erstere ist für den Farbstoff undurchlässig. Erst im Momente des Todes vermag das Anthokyan in das Plasma einzudringen und erleidet dadurch augen-

blicklich eine Farbenänderung. Mit Spuren eines Alkali wird das Anthokyan, wie wir bereits wissen, blau bis grün und bei mehr Alkali gelb. Da das Protoplasma deutlich alkalisch reagiert, so kommt es in plasmareichen Zellen mindestens zur Grünfärbung. Dann erscheint das vorher rote Blatt wegen seines Chlorophyllgehaltes und seines grüngewordenen Anthokyans selbst grün. Auch Coleus eignet sich für den Versuch. Das violette oder purpurne Blatt in der Proberöhre wenige Augenblicke auf 100° C in Wasser erhitzt, verfärbt sich mit Ausnahme des Geäders und zahlreicher Haare unter Annahme einer grünen Färbung. Die Flüssigkeit selbst ist etwas gelblich, nahezu farblos. Flüssigkeit und Blatt werden mit etwas Salzsäure sofort stark rot.

Bemerkenswert erscheint die Tatsache, daß das Anthokyan nur dann eine Verfärbung erleidet, wenn es in chlorophyllreichen Zellen liegt oder an solche angrenzt. Die mehrzelligen, so gut wie chlorophyllosen Haare der Coleus-Blätter entfärben sich (bei kurzer Dauer des Versuchs) nicht oder nur ganz wenig, während die an das grüne Blattfleisch angrenzenden Epidermiszellen ihr Anthokyan nach wenigen Augenblicken nicht mehr erkennen lassen. Deshalb erscheinen im heißen Wasser ergrünte Coleus-Blätter noch mit einem violetten Hauch bedeckt. Der letztere rührt von den nicht verfärbten Haaren her. Auch das Gefäßbündelnetz bleibt gefärbt. Seine Elemente enthalten kein oder wenig Chlorophyll und die im Innern des Gefäßbündels liegenden Anthokyan führenden Zellen sind dem Chlorophyllparenchym viel zu weit entrückt, als daß dieses noch eine Einwirkung auszuüben imstande wäre.

In chlorophyllreichen Zellen müssen die Bedingungen für die Bildung alkalischer Substanzen, die den Farbenwechsel des Anthokyans bedingen, besonders günstige sein.

8.

Über das Auftreten von Vanillin im Holze.

Die Chemie des sogenannten Lignins oder Holzstoffes ist noch nicht völlig geklärt, aber die bisherigen Untersuchungen haben es gewiß gemacht, daß das Lignin nicht ein chemisches Individuum ist, sondern einen Komplex verschiedener organischer Verbindungen darstellt. Auch ist es wahrscheinlich geworden, daß Vanillin sekundär aus einer Ligninkomponente entsteht. Damit hängen folgende zwei Tatsachen zusammen.

1. Das im Walde in Form von Scheiten aufgestapelte Holz duftet oft in starkem Sonnenschein in nächster Nähe deutlich nach Vanillin. Dies zeigt sowohl Nadel- als auch Laubholz.
2. Wird auf dem warmen Kachelofen ein großes Stück Holzschliffzeitungspapier gelegt, so verbreitet sich nach einiger Zeit bei richtiger Erwärmung ein starker Duft nach Vanillin.

Nach den neuesten wichtigen Untersuchungen von K. Kürschner ist der Hauptbestandteil des Fichtenlignins ein polymerisiertes Coniferin und liefert bei einer bestimmten Behandlung Sublimate von Vanillin und Vanillinsäure (+ Guajakol). Auch aus Sulfitablauge konnte Kürschner durch ein einfaches Verfahren auffallend große Mengen von Vanillin gewinnen.

9.

Farbenänderungen.

Bei manchen Pflanzen lassen sich auffallende Farbenwandlungen innerhalb kurzer Zeiten beobachten und zwar lassen sich da zweierlei Fälle unterscheiden: 1. solche, die sich in lebenden Organen vollziehen, und 2. solche, die in absterbenden oder toten Objekten eintreten.

a)

Über die Farbenwandlung einiger Blüten.

Während meines Aufenthaltes in Britisch-Indien fiel mir die rasche Farbenveränderung an den Blumenkronen mancher Pflanzen auf¹⁰⁾.

Hibiscus mutabilis. Im November und Dezember sieht man häufig in tropischen Gärten diesen zu den Malven gehörigen Strauch mit gefüllten Blüten. Diese sind morgens, wenn sie sich geöffnet haben, weiß, abends tiefrot.

Hibiscus tiliaceus besitzt große Blüten, die beim Öffnen eine kanariengelbe, beim Schließen eine lachsrote Farbe aufweisen.

Capparis horrida. Ein sehr verbreiteter, dorniger, kletternder Strauch mit großen Blüten, die einen schönen Schmuck in Gebüsch und Hecken zu Beginn der heißen Jahreszeit in der Nähe von Kalkutta bilden. Man findet am selben Strauch weiße und rote Blüten. Am Tage des Öffnens sind sie schneeweiß, den Tag darauf tiefrot.

Quisqualis indica ist ein zu den Combretaceen gehöriger, in den Tropen häufig kultivierter Strauch, dessen Blüten abends beim Öffnen weiß erscheinen, den nächsten Tag an der Innenseite der Korolle tiefrot werden.

Brunfelsia sp. Die Blüten zeigen eine Farbenwandlung von weiß nach gelb.

Franciscea latifolia. Am Tage der Öffnung zeigen die Blüten eine blauviolette Farbe, die nach und nach in schneeweiß übergeht.

Seinerzeit habe ich beobachtet, daß Maiswurzeln, die in Wasser kultiviert und gleichzeitig starkem Sonnenlicht ausgesetzt wurden, sich infolge von Anthokyanbildung röten, jedoch nur so weit, als sie sich über dem Wasser und knapp darunter befinden, in den tieferen Schichten aber nicht, weil sie hier zu wenig Sauerstoff vorfinden. Zur Bildung des Anthokyans ist eben Sauerstoff notwendig.

Die Rotfärbung der Hibiscus-Blüte tritt auch nur bei Gegenwart von freiem Sauerstoff auf, untergetaucht unter Wasser bleiben sie weiß.

Auffallende Farbenänderungen lassen sich auch an Pflanzen im gemäßigten Klima feststellen, besonders schön an der Weigelie,

Diervilla florida. Die jungen, eben geöffneten Blüten des aus China stammenden, in Gärten und Parks häufig bei uns kultivierten Strauches sind weiß, werden aber in den darauf folgenden Tagen rosarot, gleichgültig ob sie im Lichte stehen oder im Finstern. Auch bei dieser Pflanze vollzieht sich die Farbenwandlung von weiß nach rot nur bei Gegenwart von Sauerstoff.

Melampyrum cristatum, der kammährlige Wachtelweizen ist durch gelbe Blüten ausgezeichnet. Sobald diese aber älter werden, verschwindet die gelbe Farbe größtenteils und macht einer rosenroten Platz.

Ganz ähnlich ist es bei der strauchartigen Verbenacee, *Lantana camara*, die wegen der Farbenwandlung der Blüten den Namen „Wandelröschen“ erhalten hat. Die Blüten bilden ein Köpfchen. Wenn diese sich eben geöffnet haben, sind sie gelb-orange, nach innen zu mit zunehmender Intensität. Später werden sie rosarot. Die Art *Lantana aurantiaca* hat zunächst goldgelbe, später orangegelbe Blumenkronen. Eine auffallende Farbenänderung erfahren auch die Blüten des gemeinen Bocksdoms,

Lycium halimifolium. Die Blüten sind zunächst rotviolett, später werden sie beim Abblühen bräunlich.

Cichorium intybus oder Zichorie. Eine der reizendsten Kompositen, die durch ihre schönen blauen Blüten jedermann auffällt. Morgens öffnen sich die Blüten, nachmittags beginnen sie sich zu schließen, aber schon während des Schließens verlieren sie ihre blaue Farbe, werden bleich und erscheinen abends, oft noch früher, weiß mit einem Stich ins Bläuliche oder ganz weiß; mit anderen Worten, das die Blüten färbende Anthokyan wird als solches zerstört und in einen farblosen Körper umgewandelt.

Ipomoea purpurea (L.) Lam. Es gibt eine Varietät mit violetten Blüten. Morgens, wenn die Blüten sich geöffnet haben, sind sie blauviolett, abends, wenn sie sich einzurollen beginnen, rotviolett. Die Farbenwandlung beruht hier auf Zunahme des Säuregehaltes des Zellsaftes und Einwirkung der Säure auf den die Blüte auszeichnenden Farbstoff, das Anthokyan.

Gagea-Arten haben gelbe Blumenkronblätter. Beim Verblühen verschwindet die gelbe Farbe und macht einer weißlich grünen Platz.

b)

Über die überaus rasche Farbenänderung eben getöteter Gewebe.

Aesculus hippocastanum.

Eine überraschend schnelle Farbenänderung kann man an der frisch angeschnittenen Rinde der Roßkastanie beobachten. Schneidet man von der Rinde eines schenkeldicken Stammes einen 1—3 mm dicken Span herunter, so färbt sich die beim Anschneiden weißliche Rinde schon nach $\frac{1}{2}$ Minute bräunlich und nach 1 bis 2 Minuten tiefbraun.

Auch wenn man im Sommer die Laubknospe dieses Baumes quer abbricht oder mit dem Messer mitten durchschneidet, tritt an der anfangs weißen Querfläche in einer bestimmten äußeren Zone und einer mehr mittleren Zone eine Braunfärbung ein, die sich nach 1—2 Minuten immer mehr vertieft.

Die Braunfärbung tritt nur in den durch den Schnitt abgetöteten Zellen auf, während die lebenden Zellen, die unter der Wundfläche liegen, ihre ursprüngliche helle Farbe behalten. Die braune Verfärbung ist ein sicheres Zeichen des Todes.

Gibt man frische Rindenspäne in ein Glas Wasser, so tritt zuerst im Sonnenschein die bereits auf S. 24 beschriebene, von

dem Glykosid Äskulin herrührende, herrliche blaue Fluoreszenz auf, aber nach und nach tritt aus den verletzten und abgestorbenen Zellen der Rinde der braune Farbstoff aus, färbt das Wasser bräunlich und schließlich tiefbraun wie Porterbier.

Die beschriebene Farbenwandlung von Weiß in Braun tritt auch sehr deutlich an der grünen Fruchtschale auf. Wenn man diese anschneidet, so färbt sich die weißliche Wundfläche schon nach 2 Minuten deutlich bräunlich und nach 5—10 Minuten tiefbraun. Wenn im Herbst die reifen Früchte abfallen, so werden die Fruchtschalen durch den Fall verletzt, werden an den Wundstellen verfärbt und der aus diesen austretende Saft färbt die Steine des Bodens und diesen selbst tiefbraun.

Alnus glutinosa.

Die frisch angeschnittene Rinde eines schenkeldicken Stammes zeigt eine ganz ähnliche Farbenwandlung wie die Roßkastanie. Unmittelbar nach dem Anschneiden erscheint die Schnittfläche weißlich, wird aber schon nach wenigen Minuten bräunlich und nach längerer Zeit tiefbraun bis feuerrot.

Legt man frische Späne in ein Glas Wasser, so färbt sich dieses, weil der sich bildende braune Farbstoff sich löst, alsbald goldgelb und endlich braunorange.

Die Urbewohner Japans, die Ainu, verfertigen geflochtene Matten aus Binsen, die sie unter anderem rotorange färben und dadurch im Geflecht ein hübsches Muster erzielen. Diese Rotfärbung erzielen sie, wie ich mich auf den japanischen Inseln Hokkaido und Sachalin überzeugte dadurch, daß sie das Binsenstroh in einem Wasser untergetaucht liegen lassen, das durch Einlegen von Erlenrinde orangerot gefärbt wurde⁴⁸⁾.

Juglans regia.

Die grüne reife und unreife Frucht der Walnuß verfärbt sich frisch angeschnitten schon nach 2—15 Minuten bräunlich, nach 1 Stunde stark braun, nach 4 Stunden fast schwarz.

Es ist seit langem bekannt, daß die Haut der Finger, wenn man reife Nüsse schält, d. h. von ihren grünen Fruchtschalen befreit, sich tief und recht andauernd braun färbt und daß man den braunen Farbstoff, der sich in der lebenden Frucht nicht vorfindet und erst nach dem Absterben der Zellen entsteht, auch zum Färben der Haare ähnlich wie den Hennafarbstoff verwendet.

Braunalgen.

Der Thallus der Braunalgen oder Phaeophyceen verdankt seine braune Farbe einem in den Chromatophoren neben Karotin und Fukoxanthin vorhandenen Farbstoff, dem Phäophyll²¹⁾. Dieses stellt nach meiner Meinung ein „braunes Chlorophyll“ dar, das beim Eintritt des Todes augenblicklich in gewöhnliches grünes Chlorophyll umgewandelt wird.

Wird ein lebendes Thallusstück von *Fucus*, *Laminaria*, *Dictyota* oder irgendeiner anderen Braunalge in heißes Wasser, Alkohol oder heiße Luft gebracht, so wird es sofort grün. Dies erklärt sich am einfachsten durch die Annahme einer Umwandlung von Phaeophyll in Chlorophyll im Momente des Todes der Zelle bzw. des Chromatophors. Andere Forscher erklären diese Farbenwandlung durch eine Entmischung des auch schon in der lebenden Alge vorhandenen gewöhnlichen Chlorophylls.

Neottia nidus avis.

Diese Orchidee findet sich in Buchenwäldern nicht selten vor und zeichnet sich durch die braune Farbe ihrer Blüten aus. Von Chlorophyll ist an der ganzen Pflanze nichts zu merken, auch bei mikroskopischer Betrachtung wird man in den lebenden Zellen vergebens nach Chlorophyll suchen, denn auch die Chromatophoren erscheinen braun.

Wenn man aber einen in voller Blüte befindlichen braunen Blütenstand in siedendheißes Wasser oder in Alkohol taucht, so werden die Blüten augenblicklich grün. Der Farbstoff löst sich in Alkohol und die Lösung zeigt alle Eigenschaften des Blattgrüns oder Chlorophylls. Ebenso wie bei den Braunalgen liegt in dem lebenden Chromatophor ein sogar öfters kristallisierender brauner Farbstoff, ein „braunes Chlorophyll“ vor, das bei rascher Abtötung gewöhnliches grünes Chlorophyll liefert.

c)

Über den Todesring¹⁰⁾.

Wird ein Blatt vom Flieder, *Syringa vulgaris*, Liguster, *Ligustrum vulgare*, oder *Aucuba* von einer heißen Nadel durchbohrt und diese einige Sekunden darin belassen, so entsteht nach einer oder mehreren Minuten ein brauner wie mit einem Zirkel gezogener Ring. Noch deutlicher wird die Farbstoffbildung, wenn man das glimmende Ende einer Zigarette auf das Blatt etwa 3—5 Sekunden

auflegt oder einen dünnen Glasstab an seinem stumpfen Ende stark, etwa auf 100°C , erhitzt und dann sofort auf das Blatt ebenso lange sanft aufdrückt. Man sieht dann nach wenigen Minuten da, wo die Zigarette oder der heiße Glasstab auflag, eine grüne Kreisfläche umrahmt von einem braunen, mehr oder minder breiten Ring (Fig. 6). Auch wenn man mit einem flammenden oder glimmenden Streichholz das Blatt erhitzt, erhält man ähnliche Bilder, nur sind

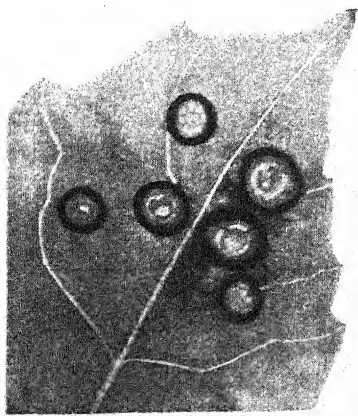


Fig. 6. Blattstück der *Aucuba japonica* mit 6 Todesringen, erzeugt durch sanftes Aufdrücken eines heißen Glasstabes. Die innere Kreisfläche bleibt grün, die nächste Umgebung zeigt aber den schwarzbraunen Todesring. Original.

diese gewöhnlich nicht kreisrund, sondern von verschiedener, meist unregelmäßiger Gestalt.

Hübsche Bilder erhält man auch, wenn man auf das Blatt, z. B. des Flieders oder der *Aucuba*, eine erhitzte Münze auflegt. Wird diese nur soweit erhitzt, daß die darunterliegenden Zellen eben absterben, so wird das Blatt, soweit es von der Münze bedeckt ist, braun. Wird aber derselbe Versuch mit einer sehr heißen Münze gemacht, so bleibt das Blatt in der ganzen Ausdehnung der Münze grün, rings um die Münze aber erscheint wieder der schwarzbraune Todesring.

Dieses schöne, auffallende Experiment gelingt mit sehr vielen

Arten von Blättern, mit den schon genannten und ferner mit denen der Birne, der Pappel, der Weide, der *Bergenia*, ja man muß längere Zeit suchen, bis man auf ein Blatt stößt, das die beschriebene Erscheinung nicht zeigt. Ein solches Blatt ist das von *Mercurialis annua*, *Iris germanica*, *Allium ursinum*, *Crinum* sp. u. a.

Das Sonderbare bei diesem Versuch ist, daß die zentrale Kreisfläche, obwohl sie der größten Hitze ausgesetzt war, grün bleibt, während an der minder erhitzten Stelle, am Umfang sich die Bildung des Farbstoffes einstellt. Wie ist dies zu erklären? Am einfachsten durch die Annahme, daß sich in dem lebenden Blatte zwei Stoffe vorfinden, ein farbloses Chromogen (Farbstoffbildner) und ein Enzym, wahrscheinlich eine Oxydase. Solange das lebende Blatt unversehrt ist, sind diese beiden Stoffe

räumlich getrennt, sobald aber das Blatt an einer Stelle, z. B. durch eine glühende Nadel, getötet wird, kommen die beiden erwähnten Stoffe miteinander in Berührung und nun liefert das Chromogen unter der Einwirkung des Fermentes den Farbstoff und damit den braunen Todesring. Aber warum bleibt der Innenkreis grün und warum entwickelt sich der braune Todesring erst in einer gewissen Entfernung vom Mittelpunkt? Meiner Meinung deshalb, weil im Zentrum die Hitze zu groß war und das Enzym hier vernichtet wurde und auf den Farbstoffbildner nicht mehr einwirken konnte. Dies geschieht erst in einer gewissen Entfernung, da, wo die Zellen zwar vom Tode ereilt werden, das Enzym aber noch wirksam bleibt.

Selbstverständlich erfolgt die Farbstoffbildung auch im ganzen Blatt, wenn man dieses in einem feuchten Luftbad oder in einem geschlossenen Gefäß aufgehängt, durch Äther, Chloroform oder Benzol abtötet. Auch in der freien Natur verfärben sich solche Blätter, wenn sie, auf feuchter Erde liegend, langsam absterben. Blätter der Birne, der Zitterpappel, Aucuba, Bergenia werden unter derartigen Verhältnissen dunkel bis schwarz.

Die Blätter von *Viburnum Wrightii* werden, wie ich in Japan beobachtet habe, bei der herbstlichen Laubverfärbung zunächst rot und später unmittelbar nach dem Absterben kohlschwarz. Stellt man einen beblätterten, lebenden, grünen Zweig in ein Glasgefäß, versehen mit Ätherdampf, und verschließt, so nehmen die Blätter schon nach mehreren Stunden eine schwarze Farbe an. *Bergenia* und *Aucuba* zeigen dasselbe.

Wenn die Blätter, die den Todesring ausgezeichnet geben, zwischen die Blätter eines Buches eingelegt werden und hier rasch eintrocknen, so geben sie im trockenen Zustande bei lokaler Erhitzung den Todesring nicht, und man wäre daher geneigt anzunehmen, daß entweder der Farbstoffbildner oder das Enzym oder beide verändert oder vernichtet worden sind. Aber weder das eine noch das andere ist der Fall, es kommt nur nicht zur Reaktion, weil zur Farbstoffbildung Wasser notwendig ist. Gibt man ein trockenes grünes Flieder- oder Ligusterblatt, nachdem es monatelang im getrockneten Zustande in einem Buche gelegen war, ins Wasser oder in feuchten Raum, so tritt die Verfärbung nach braun ein, ein Beweis, daß das Enzym sich in dem toten Blatt lange Zeit erhält und bei Zufuhr von Wasser auf das Chromogen wirkt.

Daß es sich beim Zustandekommen des Todesringes wirklich um einen enzymatischen Vorgang handelt, geht auch daraus hervor,

daß der Versuch mit einem Blatt, das vorher einige Sekunden in siedendes Wasser getaucht wird, nicht mehr gelingt.

Anschließend daran sei hier auf eine Farbenveränderung hingewiesen, die mit der fermentativen Farbstoffbildung, wie sie eben beschrieben wurde, nur eine äußere Ähnlichkeit gemein hat. Es ist

d)

die Braungelb- oder Goldgelbfärbung gewisser, sehr säurereicher Pflanzen,

z. B. des Sauerklees, *Oxalis acetosella*, des Sauerampfers, *Rumex acetosa*, der *Begonia*-Arten, des *Pelargonium zonale* u. a. Sobald diese Blätter durch Eintauchen in siedendes Wasser, durch Gefrieren, durch Äther- oder Chloroformdampf rasch abgetötet werden, verlieren sie ihre grüne Farbe und nehmen eine braungelbe an. Warum? Das Plasma und die darin eingebetteten Chlorophyllkörner reagieren alkalisch und der Zellsaft sehr sauer. Beide sind im Leben räumlich getrennt. Im Augenblick des Todes dringt die Säure in das Plasma zu den Chlorophyllkörnern und verwandelt den grünen Farbstoff in einen braungelben oder goldgelben, in das Phäophytin. Daher die braungelbe Farbe des abgetöteten Blattes.

e)

Über das Weißwerden toter Blätter im Sonnenlichte.

Gelegentlich meines Aufenthaltes am Meere habe ich oft bemerkt, daß der von der Brandung an den Strand ausgeworfene Meersalat (*Ulva*), wenn er außer Wasser bis zur Trockenheit abwelkt, und dadurch getötet wird, bei nachheriger Befeuchtung im direkten Sonnenlichte schneeweiß wird.

Dasselbe konnte ich an der Meeresalge *Enteromorpha* feststellen.

Als ich dieselbe Erscheinung auch an Torfmoosen wahrnahm, wurde ich angeregt, einschlägige Versuche auch an Blättern höherer Pflanzen zu machen und konnte mit gewissen Blättern gleichfalls ein vollständiges Ausbleichen des Chlorophylls im direkten Sonnenlicht erzielen. Sehr schön gelingt der Versuch mit dem Blatte von *Mercurialis annua*. Man preßt das frische Blatt mehrere Tage oder Wochen in einem Buche, bis es vollständig trocken und abgestorben ist. Ein solches trockenes Blatt dem direkten Sonnenlichte mehrere Tage ausgesetzt, ändert seine Farbe nicht, es bleibt grün. Wird aber dasselbe Blatt in feuchtem Zustande, etwa auf

nassem Papier liegend, dem direkten Sonnenlicht viele Stunden unterworfen, dann verliert es seine grüne Farbe, das Blattgrün bleicht und das Blatt wird schneeweiß.

Wesentlich für das Gelingen dieses Versuchs ist, daß das Blatt tot ist und im feuchten Zustande starkem, direktem Sonnenlicht ausgesetzt wird. Das lebende Chlorophyllkorn widersteht dem Ausbleichen, das tote aber nicht.

Es seien noch folgende Blätter angeführt, mit denen die Chlorophyllbleiche gut gelingt: *Elodea canadensis*, *Adiantum capillus Veneris*, *Polytrichum* sp., *Mnium* sp., *Lemna minor*, *Hypnum* sp., *Epheu*, *Primula obconica* und *Crinum* sp.

Es sind durchwegs Blätter, die nach dem Absterben keine Farbstoffe entwickeln, sich also nicht bräunen, schwärzen oder sonstwie verfärben, weil diese das Weißwerden des Chlorophylls verschleiern.

Sehr gut gelingen solche Versuche, wenn man das lebende Blatt etwa 3 Sekunden in siedendem Wasser abtötet und dann auf nassem Fließpapier der direkten Sonne aussetzt.

Nicht nur Blattgrün, sondern auch gelbe Farbstoffe wie Karotin und Xanthophyll werden durch direktes Sonnenlicht gebleicht. Etiolierte, in heißem Wasser abgetötete Blätter werden auf nassem Papier im Sonnenlichte ebenfalls weiß, desgleichen die gelben Blumenblätter der japanischen *Kerria japonica*.

f)

Über die Umwandlung grüner *Elodea*-pflanzen in braune^{21a}).

Bringt man lebende Sprosse der Wasserpest, *Elodea canadensis*, in ein Glasgefäß, das mit einer etwa 0.1%igen Lösung von Manganchlorid versehen ist und stellt das Ganze in starkes diffuses Licht, so beginnt sich schon nach mehreren Tagen eine Braunfärbung der Blätter einzustellen, die sich mehr und mehr so verstärkt, daß die grüne Farbe einer braunen Platz macht.

Diese Farbenwandlung beruht auf einer Einlagerung von braunem Manganoxyd in der oberen Epidermis, d. h. in der äußeren Zellwand des Blattes. Die Einlagerung nimmt, wie sich mikroskopisch leicht feststellen läßt, gewöhnlich von einer Schmalseite der Zelle, dann von der anderen oder von beiden zugleich ihren Anfang und rückt dann immer mehr gegen die Mitte der Wand vor, bis schließlich die ganze Außenwand mit Ausnahme einer ganz schmalen peripheren Zone inkrustiert ist und braun erscheint.

Anstatt des Manganchlorids kann man für den geschilderten Versuch auch andere Manganverbindungen sehr gut verwenden: kohlsaures-, weinsaures-, essigsaures-, zitronsaures-, oxalsaures-, gerbsaures-, phosphorsaures-, milchsaurer Mangan u. a.

Von großem Interesse erscheint die Tatsache, daß die Farbewandlung sich nur im Lichte vollzieht, und zwar um so schöner und rascher, je intensiver das Licht ist. Im direkten Sonnenlicht besonders schnell. Die Braunfärbung tritt hier so intensiv auf, daß ein Uneingeweihter bei oberflächlicher Betrachtung meinen könnte, daß er eine neue Elodea-Art vor sich habe.

Eine weitere Umschau ergab, daß die Einlagerung von Manganoxyd nicht auf Elodea beschränkt ist, sondern auch mit den Wasserpflanzen *Vallisneria spiralis*, *Ranunculus aquatilis*, *Hydrilla verticillata* und *Myriophyllum*-Arten gelingt.

10.

Salpeterpflanzen²²⁾.

Auf Schutthaufen, die reich an anorganischen Stickstoffsalzen, an Nitraten, Nitriten und Ammoniaksalzen sind, siedeln sich mit Vorliebe Pflanzen an, die Stickstoffsalze lieben. Es sind die sogenannten Ruderalpflanzen oder, wie ich sie seinerzeit genannt habe, Nitratpflanzen. Es gehören zu dieser Pflanzengenossenschaft unter anderen die Gattungen *Amarantus*, *Chenopodium*, *Urtica*, *Mercurialis*, *Solanum*, *Sinapis*, *Helianthus*, *Capsella*, *Hyoscyamus*, *Atriplex* u. a.

Manche Pflanzen speichern Salpeter in auffallender Menge auf. Sonnenrosen (*Helianthus*), die auf salpeterreichem Boden gezogen werden, häufen so viel Salpeter im Marke an, daß kleine Stückchen davon auf glühende Kohle geworfen, verpuffen. *Amarantus blitum* enthält etwa 11, *A. ruber* 16 und *A. atropurpureus* sogar 22% salpetersaures Kali, bezogen auf Trockensubstanz. Stengelstücke davon, in freier Luft getrocknet, lassen den Salpeter in Form eines weißen Überzuges ausblühen.

Mancher wird beobachtet haben, daß die glimmende Zigarre plötzlich aufblitzt; dies rührt vom Salpeter her, der die Verbrennung des Tabakblattes wegen seines Sauerstoffreichtums in hohem Grade begünstigt.

Wie sehr das Vorkommen der Salpeterpflanzen an Nitraten und andere anorganische Stickstoffsalze gebunden ist, kann in der Natur leicht beobachtet werden. Die Brennessel kann im Gebirge auf weite Strecken vermißt werden, kommt man aber in die Nähe

einer menschlichen Siedlung, wo durch die Wirtschaft und Viehzucht viel Stickstoffverbindungen in den Boden gelangen, so tritt mit einem Male die Brennessel, *Urtica dioica* und *U. urens* auf. Dasselbe gilt auch vom guten Heinrich, *Chenopodium bonus Henricus*.

IV.

Physiologisches.

A. Ernährung.

I.

Bleichsucht oder Chlorose²³⁾.

Die Farbe der Laubblätter rührt bekanntlich von einem grünen Farbstoff, dem Chlorophyll, her, das bei der Ernährung der Gewächse eine hervorragende Rolle spielt. Zur Entstehung dieses Farbstoffes ist Eisen unbedingt notwendig. Wird der Pflanze das Eisen vorenthalten, so bilden die neuentstehenden Blätter den grünen Farbstoff nicht mehr aus; sie werden gelblich, gelblichweiß, schließlich schneeweiß. Fügt man der Nahrung wieder Eisen hinzu, so ergrünen sie, günstige Verhältnisse vorausgesetzt, schon innerhalb 48 Stunden.

Sehr häufig kann man die auf Eisenmangel beruhende Chlorose oder Bleichsucht an der Hortensia (*Hydrangea hortensis*), an dem Ackerwindling (*Convolvulus arvensis*) und besonders häufig an der falschen Akazie (*Robinia pseudacacia*) beobachten. Die Blätter dieses Baumes entbehren oft der tiefgrünen Farbe, sind gelblich oder gelb mit teilweise grüner Nervatur. Auch bei der Roßkastanie (*Aesculus hippocastanum*) läßt sich an einzelnen Zweigen die Chlorose leicht feststellen. Tritt man in einer Allee alter Roßkastanienbäume knapp an die Stämme heran und blickt man längs des Stammes aufwärts in die Krone, so wird man hier und da einzelne kleinere Äste mit gelblich-weißem oder weißem Laube finden. Sie leiden an Chlorose. —

Da zur normalen Ernährung der Pflanze schon sehr geringe Eisenmengen ausreichen und da das Eisen wohl in jedem Boden in genügender Menge vorhanden ist, so muß es eigentlich wundernehmen, daß manche Pflanzen doch an Chlorose leiden. Es wird diese Tatsache aber verständlich, wenn man bedenkt, daß das Eisen zwar im Boden gegenwärtig ist, jedoch in unlöslicher, nicht aufnehmbarer Form oder daß ein einzelner Ast chlorotisch wird, weil er vielleicht infolge krankhafter Veranlagung das Eisen nicht verwerten kann oder weil er zu rasch wächst und das Eisen in ungenügender Menge nachrückt.

Panaschierung.

erinnert äußerlich an Chlorose. Es gibt namentlich in unseren Gärten und Parkanlagen zahlreiche kultivierte Gewächse, deren Blätter nicht längs ihrer ganzen Ausdehnung gleichmäßig grün, sondern weiß oder gelblich gebändert, gerändert oder gesprenkelt sind. Wir besitzen bereits von sehr vielen grünen Gehölzen und auch von zahlreichen Kräutern solche panaschierte Parallelförmigkeiten. Es sei, um nur von den auffallendsten und häufigsten zu sprechen, an das Bandgras *Phalaris picta*, an das weißgeränderte Pelargonium zonale, an den eschenblättrigen Ahorn (*Acer negundo*) und an die panaschierte Maisrasse (*Zea mais*) erinnert. In allen diesen Fällen handelt es sich um Blattvariationen, die mit Eisen- oder Lichtmangel gar nichts zu tun haben. Die Panaschierung tritt vielmehr aus inneren und derzeit unbekannten Ursachen auf; warum sich das Chlorophyll an gewissen Stellen nur mangelhaft oder gar nicht ausbildet, ist vorläufig rätselhaft. —

Es gibt aber noch eine zweite Art der Panaschierung, das ist die infektiöse, so benannt, weil sie auf rein grüne, verwandte Arten übertragen werden kann. Man hat sie zuerst bei *Abutilon Thompsonii* festgestellt. Wird auf die grüne Unterlage, die für die Krankheit empfänglich ist, ein panaschierter Sproß oder auch nur ein Blatt aufgepfropft, so bleiben zwar die schon vorhandenen Blätter des Wildlings grün, aber die neu entstehenden zeigen die Panaschierung. Die infektiöse Panaschüre ist nicht auf *Abutilon* beschränkt, sie wurde auch für *Laburnum*, *Sorbus*, *Ptelea*, *Fraxinus*, *Evonymus* und *Ligustrum* nachgewiesen.

Im Freien läßt sich leicht beobachten, daß intensives Sonnenlicht die Panaschierung in hohem Grade begünstigt. *Aucuba*-Blätter und andere zeigen die Panaschierung um so schöner, je stärker sie beleuchtet sind. Die unteren, durch die oberen Blätter des Strauches beschatteten Blätter zeigen die Panaschierung viel schwächer als die dem Sonnenlichte direkt ausgesetzten. Die Unterschiede erscheinen sehr auffallend.

Die Wurzelknöllchen der Hülsenfrüchtler, Erlen und Ölweiden.

Graben wir auf einem Spaziergang irgendeine Leguminose, sei es eine Klee- oder eine Esparsette, eine Luzerne, oder eine Kronenwicke sorgfältig aus, so daß die Wurzeln möglichst wenig

verletzt werden und schwemmen wir die anhaftende Erde säuberlich ab, so bemerken wir kleine, je nach der Pflanzenart verschieden gestaltete Knöllchen. Ihre Größe schwankt zwischen wenigen Millimetern und Haselnußgröße, desgleichen ihre Form: sie sind kugelig, fingerig, lappig, knollig oder korallenartig. Wo wir immer auf dem Erdball Leguminosenwurzeln untersuchen, werden wir fast ausnahmslos Wurzelknöllchen finden, auch bei Bäumen, z. B. der falschen Akazie, *Robinia pseudacacia*.

In dem Knöllchen leben stets Bakterien, ja sie sind geradezu als Erzeuger dieser Knöllchen zu betrachten. Die Bakterien kommen im Boden vor, dringen in die Wurzelhaare und von hier aus in den Wurzelkörper und rufen die Bildung der Knöllchen hervor, in deren parenchymatischem Gewebe sie sich breitmachen und vermehren.

Wir wissen heute, daß die Leguminosen im Gegensatz zu den meisten anderen Pflanzen imstande sind, im Bunde mit den erwähnten Bakterien den freien Stickstoff der Luft zu assimilieren.

Die Hülsenfrüchtler stellen ein klassisches Beispiel einer Symbiose dar, d. h. eines Zusammenlebens zweier verschiedener Lebewesen zu gegenseitiger Förderung.

Ein ähnlicher Fall läßt sich bei Erlenarten feststellen, z. B. bei *Alnus glutinosa*. Sie



Fig. 7. Wurzelknöllchen *w* der *Robinia pseudacacia*. Natürl. Größe. Original.



Fig. 8. *Alnus glutinosa* (Erle). Wurzelstück mit walnußgroßen, durch einen Pilz hervorgerufenen Knöllchen (links unten und rechts oben). Original.

lassen bei der Entnahme aus dem Boden an den Wurzeln eigenartige traubige, knollige, verholzende Bildungen bis zur Apfelgröße erkennen (Fig. 8).

Auch diese Wucherungen werden durch einen den Bakterien nahestehenden Pilz, einen Aktinomyzeten hervorgerufen. Es handelt sich auch hier um einen Fall von Symbiose, der die beiden Symbionten in gemeinsamer Zusammenarbeit befähigt, freien atmosphärischen Stickstoff zu assimilieren.

Dasselbe gilt auch von den gleichfalls mit Wurzelknöllchen versehenen Elaeagnaceen oder Ölweiden.

4.

Wurzelhaustorien der Halbschmarotzer.

Äußerlich ähnliche Bildungen wie an den Wurzeln der Hülsenfrüchtler finden sich auch an den Wurzeln des Wachtelweizens (*Melampyrum*), des Läusekrauts (*Pedicularis*) und des Augentrostes (*Euphrasia*), aber sie enthalten keine Bakterien, sondern stellen Haustorien oder Saugwarzen dar, d. h. Organe, die in das Gewebe des Wirtes eindringen und ihn der Nährstoffe berauben. Mit Hilfe ihrer grünen Blätter können diese Pflanzen sich zum Teil selbstständig ernähren; da sie also ihre Nahrung nur zum Teil ihren Wirtspflanzen entziehen, hat man ihnen den Namen „Halbschmarotzer“ gegeben.

5.

Versuche über die Bewegung des Wassers in der Pflanze.

Wenn eine Pflanze lange Zeit nicht beregnet oder nicht begossen wird, so beginnt sie zu welken, wird aber wieder frisch, falls ihr rechtzeitig Wasser in genügender Menge geboten wird. Das Wasser spielt als Nährstoff, Lösungsmittel für wichtige Nährsalze und als Transportmittel für mineralische und organische Verbindungen eine bedeutende Rolle.

Verliert eine Pflanze zuviel Wasser oder trocknen ihre Organe ein, so sterben sie entweder oder sie verfallen in einen Scheintod und erwachen wieder zum aktiven Leben, wofern ihnen Wasser wieder geboten wird. Mit anderen Worten: Ohne eine genügende Menge Wasser gibt es kein aktives Leben. Das Kräftepiel, das die Bewegung des Wassers in der Pflanze beherrscht, wird natürlich verschieden sein je nach dem niederen oder höheren Aufbau der Pflanze. Bei einer im Wasser lebenden einzelligen Alge

oder einer im Traubenmost gärenden, einzelligen Hefe wird das Kräftespiel einfacher sein als bei einem turmhohen Baum. Wie sich in diesem das Steigen des Wassers bis zum Wipfel vollzieht, hat die Forscher seit langem beschäftigt, man hat, trotz vieler Irrwege, die man gewandelt, viele wichtige Tatsachen zur Aufklärung dieses interessanten Problems festgestellt, aber eine völlig sichergestellte, nach jeder Richtung hin befriedigende Lösung der Saftsteigfrage steht noch aus. Jedenfalls handelt es sich um ein sehr kompliziertes Zusammenspiel verschiedener Faktoren, unter denen, abgesehen von der lebenden Zelle, folgende physikalische Erscheinungen eine Rolle spielen: 1. die Quellung oder Imbibition, 2. die Diffusion und Osmose, 3. der Wurzeldruck, 4. der negative Druck der Gefäßluft, 5. die Kapillarität, 6. die Transpiration und 7. die Kohäsion der Flüssigkeit.

Wir wollen der Reihe nach einige Versuche anführen, die leicht ohne Apparate auszuführen sind und über die Bewegung des Wassers in der Pflanze wichtigen Aufschluß geben.

a)

Quellung.

Der Begriff der Quellung oder Imbibition und der Unterschied zwischen dieser und der Kapillarität wird später erklärt. Hier sei nur kurz hervorgehoben, daß die Quellung durch das Eindringen von Wasser in nicht vorhandene Räume gekennzeichnet ist und das Wasser sich erst durch Auseinanderdrängen der kleinsten Teilchen Platz schafft, was mit einer Volumvergrößerung verknüpft ist. Bei der Kapillarität dringt das Wasser in schon vorhandene (sichtbare) Räume, ohne daß der Körper eine Vergrößerung erfährt.

Ein interessanter Versuch läßt sich mit gekochtem Hühner-eiweiß machen. Dieses ist schneeweiß. Läßt man es eintrocknen, so verliert es seine weiße Farbe, schrumpft und erscheint dann durchscheinend und gelblich. Man glaubt, nun einen ganz anderen Körper vor sich zu haben. Wieder ins Wasser gelegt, wird es, weil es Wasser zwischen seine kleinsten Teilchen aufnimmt, wieder schneeweiß und quillt. Gelatine, Agar und Tragant quellen sehr stark. Trockene Stengel, Blätter, Blüten, Holz quellen gleichfalls. In auffallender Weise gibt sich die Quellung bei Samen zu erkennen, da diese viel Wasser aufnehmen und bedeutend anschwellen. —

Die Quellbarkeit mancher Pilze erreicht einen hohen Grad. Auf alten Zweigen des Holunders, *Sambucus nigra*, kommt an

feuchten Orten nicht selten ein eigenartiger Pilz hervor mit in nassem Zustande gallertartigen, ohrmuscheligen Fruchtkörpern. Es ist das heute noch als Volksheilmittel verwendete Judasohr, *Auricularia sambucina*. In trockenem Zustand ist dieser Pilz hart, nach Aufnahme von Wasser erscheint er hochgradig gequollen, weich und gallertig. Die gleiche Eigenschaft zeigen die auf feuchten faulenden Baumstämmen vorkommenden Zitterpilze oder Tremellineen. Auch ihre Fruchtkörper vermögen viel Wasser unter bedeutender Quellung aufzunehmen und bilden dann eine zitternde Gallerte.

Viele Beispiele von Quellung könnten noch angeführt werden, ja man kann sagen, daß die meisten Bestandteile der Pflanze und ihrer Zellen quellbar sind, Wasser mit großer Kraft aufnehmen und es auch bis zu einem gewissen Grade festhalten.

Kommt die Membran der Pflanze mit Wasser in Berührung, so nimmt sie und ebenso auch das Plasma Wasser unter Quellung auf. So wird es begreiflich, daß auch bei der Wasserbewegung in der Pflanze die Quellung eine gewisse, allerdings untergeordnete Rolle spielt, weil die durch sie eingeleitete Bewegung eine viel zu langsame und zu wenig ausgiebige ist.

b)

Das Holz, die eigentliche Wasserbahn.

Die Menge Wasser, die von einem Baum an einem heißen Tage emporgehoben wird, beträgt oft mehr als 100 l. Wo steigt das Wasser empor? In der Rinde, im Holz oder im Mark? Durch einen einfachen Versuch läßt sich zeigen, daß sich die Hauptmasse im Holz bewegt.

Man nehme drei 30 cm lange, beblätterte Zweige vom Holunder, *Sambucus nigra*, und stelle den ersten nur mit der Rinde, den zweiten nur mit dem Mark und den dritten nur mit dem Holz in ein Glas Wasser. Einige Schwierigkeit macht es, das Mark eine kurze Strecke für sich von Holz und Rinde zu trennen, aber mit einiger Geduld gelingt es doch.

Schon nach einem Tage wird man bemerken, daß die Zweige 1 und 2 welken, während der Zweig 3 mehrere Tage frisch bleibt, und zwar nach einer Zeit, da die beiden anderen schon rauschdürres Laub aufweisen. Die Hauptmasse des Wassers steigt also im Holze auf, dieses ist die eigentliche Wasserstraße im Baum.

c)

Osmose.

Bringt man auf den Boden einer Proberöhre eine konzentrierte Lösung von Kupfersulfat und gießt vorsichtig destilliertes Wasser bis hinauf darüber, so findet nach und nach eine gegenseitige Durchdringung der beiden Flüssigkeiten unabhängig von der Schwere statt. Kupfersulfat steigt hinauf, Wasser hinunter und dies dauert so lange, bis das Kupfer in der ganzen Flüssigkeitssäule gleichmäßig verteilt ist. Dieser Vorgang wird als Diffusion bezeichnet; wenn die beiden Flüssigkeiten voneinander durch eine Haut wie Herzbeutel, Schweinsblase oder Pergament getrennt sind, so findet auch durch diese der Austausch statt und man spricht dann von Osmose.

Einen osmotischen Versuch stellen wir an, wenn wir eine Schweinsblase mit konzentrierter Zuckerlösung füllen, die Blase zubinden und in destilliertes Wasser legen. Dann tritt verhältnismäßig viel Wasser in die Blase hinein aber nur wenig Zucker heraus. Daher vermehrt sich die Innenflüssigkeit, ihr Volum vergrößert sich, und es entsteht ein Druck, der osmotische Druck, der die Wand spannt. Sticht man in diesem Zustande die Blase durch, so spritzt die Flüssigkeit im Strahle heraus.

Die Schweinsblase ist beiderseits durchlässig, sie läßt Wasser ein und Zucker austreten. Es gibt aber auch halbdurchlässige Membranen, die für Wasser leicht, für gewisse Stoffe aber, für Zucker, Salze u. a. fast nicht oder gar nicht permeabel sind.

Auch die Pflanzenzelle ist ein kleiner osmotischer Apparat, aber von verwickelterem Bau als eine Schweinsblase, weil er neben der beiderseits durchlässigen Zellhaut noch die halbdurchlässige Plasma- und Vakuolenhaut enthält. Es kommt daher in den Zellen zu hohen osmotischen Drucken, da Wasser leicht eintritt und nichts oder fast nichts austritt.

d)

Der Wurzeldruck.

Die Wurzelhaare und die Oberhautzellen der Wurzel nehmen osmotisch Wasser auf, dieses wird von Zelle zu Zelle weiter geleitet und schließlich an die in der Mitte des Wurzelquerschnittes liegenden Gefäße abgegeben, in denen es emporgepreßt und weiter geführt wird. Die osmotische Kraft, die sich in der Wurzel geltend macht, wird als Wurzelkraft oder Wurzeldruck bezeichnet. Sie

ist, physikalisch gesprochen, nichts anderes als der osmotische Druck, durch den das Wasser aus den Wurzelzellen in die Gefäße hinein und in diesen weiter emporgepreßt wird.

e)

Guttation.

Die Gefäße verlaufen als feine Wasserleitungsröhren aus dem Stengel in den Blattstiel, in die Spreite bis zur Blattspitze und bis zu den Blattsähen, wo das durch den Wurzeldruck emporgepreßte Wasser aus kleinen Öffnungen, den sogenannten Wasserspalten, in Tropfenform austritt. Die Tropfenausscheidung nennt man Guttation.

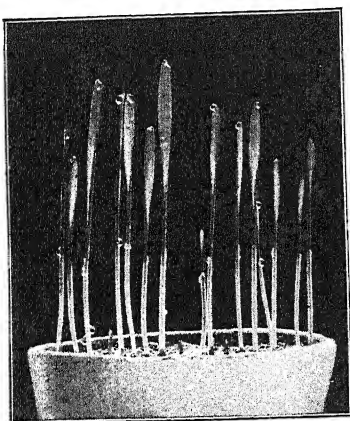


Fig. 9. Wassertropfenausscheidung (Guttation) an den Blattspitzen von Haferkeimlingen. Verkleinert. Original.

Durch folgenden Versuch läßt sich die Guttation leicht veranschaulichen.

Ein kleiner, mit Erde gefüllter Blumentopf wird mit Roggen-, Gerste-, Weizen-, Hafer- oder Maisfrüchten bepflanzt und mit einem umgekehrten Trinkglas zur Herstellung eines feuchten Raumes bedeckt. Nach einigen Tagen keimen die Früchte, und wenn die Keimpflanzen 2—3 cm oder länger geworden sind, so scheiden sie an ihrer Spitze Wassertröpfchen aus (Fig. 9); diese gleiten, sowie sie

eine gewisse Größe erreichen, nach abwärts, werden aber bald durch neue ersetzt. Stehen 10—20 Keimlinge nebeneinander, so macht es den Eindruck, als ob sie von Tau triefen würden, aber das sind keine Tautropfen, sondern von der Pflanze durch Wurzeldruck ausgeschiedene Tröpfchen.

Betrachtet man in der Morgenfrühe, knapp nach Sonnenaufgang, wenn die Luft mit Wasserdampf noch ziemlich gesättigt ist, die krautigen Pflanzen auf einer Wiese, im Walde oder in einem Garten, so wird man an vielen Guttation beobachten können. Bei den Gräsern an den Spitzen der jungen Blätter, bei anderen an den Blattsähen (Fig. 10), seltener an der Ober- oder Unterseite der Blattoberfläche. Am Blattrande besonders klar und deutlich bei

dem Rührmichnichtan, *Impatiens noli tangere*, beim Frauenmantel, *Alchemilla alpina*, bei vielen Doldenpflanzen, Kompositen und bei der indianischen Kapuzinerkresse, *Tropaeolum majus*. Ein Schöllkrautblatt (*Chelidonium majus*) zur Zeit der Guttation vorsichtig und ohne Erschütterung gepflückt, in die Höhe gehoben und von unten betrachtet, erscheint wie von einem Kranz gleich Diamanten glitzernden Tropfen umsäumt (Fig. 10). Beginnt die Luft, trocken zu werden und setzt die Transpiration kräftiger ein, so läßt der Wurzeldruck nach und die Guttation hört auf.

f)

Über die Durchbrechung des Bodens durch die Schuppenwurz, *Lathraea squamaria*.

In Japan fiel es mir auf, daß *Bambusa*-Sprosse den steinharten Boden mit Leichtigkeit durchbrechen. Ich sprach mich darüber an einem anderen Orte¹⁶⁾ folgendermaßen aus: „Wenn man sieht, wie diese riesigen Stämme den namentlich bei trockenem Wetter steinharten Boden durchbrechen, muß man sich wirklich

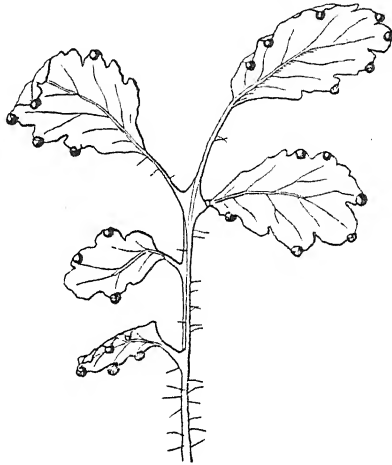


Fig. 10. Tropfenausscheidung (Guttation) an den Blattkerben des Schöllkrautes, *Chelidonium majus*. Um $\frac{1}{3}$ verkleinert. Original.

wundern, daß der Sproß das zustande bringt. Aber diese Arbeit wird namentlich dadurch erleichtert, daß die Blattspitzen schon im Boden reichlich Guttationstropfen ausscheiden, die Erde ganz durchfeuchten, weicher und so für die Stammspitze leichter durchdringbar machen. Ich fand den Boden rings um den Sproß morgens oft durchnäßt.“

Ganz dasselbe habe ich im Wiener Prater auch an der im Vorfrühling die Erde durchbrechenden Schuppenwurz, *Lathraea squamaria*, beobachtet. Diese Pflanze scheidet bekanntlich mit den im Boden befindlichen Schuppenblättern, d. h. mit den daran vorkommenden Haaren Wasser so reichlich aus, daß der Boden ganz durchnäßt und weich wird. Dadurch wird es dem jungen Blütenstand möglich, den harten Boden zu durchbrechen.

g)

Bluten.

Das Wasser tritt aber nicht bloß aus Wasserspalten aus, sondern, falls Wurzeldruck vorhanden ist, auch aus Wunden; diesen Wasseraustritt aus Verletzungen infolge von Wurzeldruck bezeichnet man als „Bluten“.

Schneidet man den Stamm einer Balsamine oder einer Brennnessel wenige Zentimeter über dem Wurzelhals quer ab, so wird man nach kurzer Zeit bemerken, daß aus der Schnittfläche Wasser austritt. Setzt man auf einen solchen Stumpf mittels eines Stückchen Kautschukschlauch luftdicht eine etwa 1 m lange Glasröhre auf, so steigt das ausgeschiedene Wasser nach einiger Zeit mehr und mehr empor und kann schließlich nach 1—2 Tagen an der oberen Öffnung der Röhre überfließen.

Dieses Bluten ist eine seit langem bekannte Erscheinung und kann im Vorfrühling vor dem Laubausbruch leicht beobachtet werden beim Weinstock, *Vitis vinifera*, bei der Birke, *Betula alba*, bei der Rotbuche, *Fagus sylvatica*, der Hainbuche, *Carpinus betulus*, der Kornelkirsche, *Cornus mas*, Ahornarten (*Acer*) und einigen anderen Gehölzen.

Der Weinstock wird gewöhnlich im Monate März auf vier Augen (Knospen) zurückgeschnitten und wenige Tage darauf kommt aus den frischen Schnittflächen Wasser heraus. Der Winzer sagt dann, der Wein „weint“, „tränt“, und der Physiologe sagt, der Weinstock „blutet“.

Sticht man im Monat März vor dem Laubausbruch die Klinge des Federmessers in den Stamm der Birke bis ins Holz hinein, so tritt zur Zeit des Blutens sofort ein Safttropfen hervor, der an der Rinde abwärts fließt und tagelang erneuert wird. Die russischen Bauern machen Bohrlöcher in den Stamm und fangen den Saft in Gefäßen auf. Aus großen Bäumen fließt der Saft reichlich, an einem Tag kann aus einem Bohrloch 1 l und mehr gesammelt werden. Sie lassen ihn vergären und gewinnen, da der Saft bis 1% Zucker enthält, ein leichtes alkoholisches Getränk, den „Birkenwein“.

Der Ahorn ist auch ein guter Bluter. Verschiedene Arten bluten schon im Februar. Besonders *Acer saccharinum*, der Zuckerahorn, liefert einen ziemlich zuckerreichen Saft, der 1—3% Zucker enthält und von den Indianern seit langer Zeit in Nordamerika abgezapft wird, um durch Abdampfen Zucker zu gewinnen.

Vor etwa 120 Jahren hat man, als die Zuckernot zur Zeit der Kontinental Sperre durch Napoleon I. aufs höchste gestiegen war, in Böhmen viel Zucker durch Anzapfen der Ahornbäume gewonnen.

Wie man durch in den Stamm eingeführte Manometer feststellen kann, übersteigt der Druck, durch den das Blutungswasser ausgeschieden wird, selten mehr als eine Atmosphäre, d. h. es könnte eine krautige Pflanze oder ein 10 m hoher Baum unter günstigen Umständen durch den Wurzeldruck mit Wasser versorgt werden. Die Bäume werden aber häufig viel höher, viele werden turmhoch, ja die Mammutbäume (*Sequoia*) in Kalifornien bis 142 m; gegenüber solchen Riesen erscheint der Wurzeldruck ohnmächtig. Dazu kommt, daß bei den Pflanzen mit voller Belaubung zur Zeit starker Transpiration ein Wurzeldruck gewöhnlich gar nicht vorhanden ist. Es kann also dem Wurzeldruck der Bäume und auch vieler anderer Pflanzen beim Saftsteigen eine ausschlaggebende Rolle nicht zufallen.

h)

Eiszapfen auf blutenden Bäumen.

Am 4. März 1917 ging ich gegen 9 Uhr morgens durch die Jagdhofstraße in Lainz bei Wien. In dieser Straße befindet sich eine Allee von Ahornbäumen (*Acer Negundo*), die kurz vorher stark gestutzt worden waren und daher mit Schnitt- und Sägewunden reichlich versehen waren. Zu meiner großen Überraschung hingen fast auf jedem Baum zahlreiche, 1—30 cm lange Eiszapfen herab, die von den Wunden ihren Ursprung nahmen (Fig. 11). Gewöhnlich haben sie eine spitzkegelige Gestalt. In seltenen Fällen nehmen sie, wenn die abtropfende Stelle breit ist, die Gestalt eines Schwertes oder einer Messerklinge an und, wenn während ihrer Bildung ein scharfer Wind weht, so hängen sie nicht lotrecht, sondern schief herab. Ich kenne

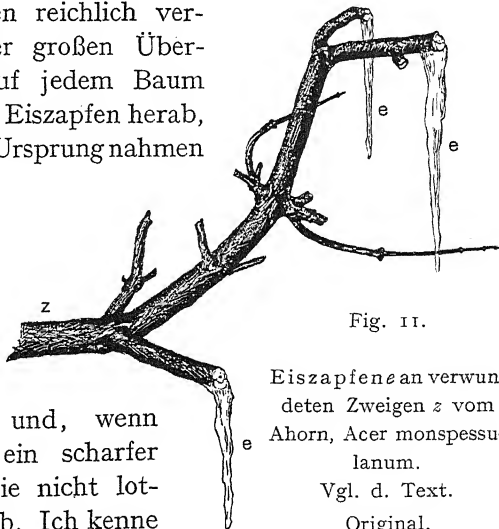


Fig. 11.

Eiszapfen an verwundeten Zweigen z vom Ahorn, *Acer monspessulanum*.

Vgl. d. Text.

Original.

diese Erscheinung schon sehr lange, ich habe sie bereits an verschiedenen Orten gegen Ende des Winters beobachtet, aber in einer derartigen Häufigkeit und Schönheit hatte ich sie noch nie gesehen. Längs der ganzen Allee hatten sich die Eiszapfen auf den Bäumen gebildet. Wie ist das zu erklären?

Die Ahornbäume gehören, wie vorhin ausgeführt wurde, zu den besten Blutern. Man braucht nur gegen Ende des Winters im Februar oder Anfang März, also in der Zeit vor dem Laubausbruch einen fingerdicken Zweig zu durchschneiden, so sickert sogleich Wasser, durch den Wurzeldruck emporgepreßt, aus der Schnittfläche hervor und tropft beständig ab. Ist die Temperatur des Baumes über Null, die der Luft aber unter dem Eispunkt, so gefriert der aus der Wunde austretende Tropfen und bildet zunächst einen kleinen Eiszapfen. Über diesen ergießt sich neues Wasser; und wenn dieser Vorgang die ganze Nacht währt, so kann der Eiszapfen bis auf 5—30 cm heranwachsen. An dem Tage, wo ich so viele schöne Eiszapfen in der erwähnten Allee beobachten konnte, betrug die Temperatur in der Nacht etwa -2°C .

Solche Eiszapfen können auch an anderen Ahornarten auftreten, ja an jedem blutenden Baum können sich, ähnliche Bedingungen, wie vorher angegeben, vorausgesetzt, Eiszapfen bilden. —

i)

Der Schleimfluß der Bäume.

Auf einer Wanderung durch eine alte Roßkastanien-, Ulmen- oder Pappelallee läßt sich nicht selten eine sehr auffallende Erscheinung beobachten. Aus alten Sägewunden oder aus Frostspalten sickert während der warmen Jahreszeit langsam Flüssigkeit hervor, zwar wenig aber andauernd. Ein und dieselbe Wunde kann durch viele Jahre Saft ausscheiden, und da dieser reichlich verschiedene organische Stoffe enthält, siedeln sich an der nassen Wundfläche massenhaft Bakterien, Hefen und auch Algen an. Viele dieser Kleinwesen erzeugen Schleim, verleihen dadurch dem Saft einen gallertigen Charakter und haben dadurch für diese Erscheinung die Bezeichnung „Schleimfluß“ veranlaßt.

Die auf der Wunde sich ansammelnde Masse erscheint gelblich, bräunlich oder milchig und enthält, abgesehen von einem Heere Mikroben, auch Larven von Insekten, kleine Würmer, Infusorien u. a. —

Die Ursache des Ausfließens ist aber nicht der Wurzeldruck, sondern ein lokaler osmotischer Druck, der im Wundgewebe seinen Sitz hat. Mag die Wunde des Baumes durch die Säge oder der bis ins Holz reichende Wundspalt durch die Kälte entstanden sein, stets ist es das sich bildende, ausheilende Gewebe, das infolge eines hohen osmotischen Druckes geringe Mengen Saft unter bedeutendem Druck monate-, ja, abgesehen von der kalten Jahreszeit, jahrelang ausscheidet. —

Daß es sich beim Schleimfluß tatsächlich nur um einen lokalen, auf die Wunde beschränkten Druck handelt, läßt sich leicht dadurch beweisen, daß man in einiger Entfernung von der ausscheidenden Wunde ein Manometer in den Stamm einfügt und dann sieht, daß hier nicht nur kein Überdruck, sondern eine Saugung angezeigt wird.

j)

Kapillarität.

Ein Versuch, den ich als Knabe in der Volksschule zum ersten Male sah und anstaunte, betraf die Porosität des Holzes. Der Lehrer zeigte uns eine fingerdicke Querscheibe des Eichenholzes und preßte durch eine einfache Vorrichtung Quecksilber durch das Holz. Mein Erstaunen wuchs, als ich viele kleine Quecksilbertröpfchen aus dem Holze hervorkommen sah, und zwar so lange, als der Druck währte. Das Quecksilber geht bei Druck durch die Holzgefäße hindurch, jene verhältnismäßig breiten Röhrchen, in denen, wie wir bereits wissen, das Wasser hauptsächlich geleitet wird. Auf einem mit einem scharfen Messer gemachten Querschnitt des „spanischen Rohrs“ — bekanntlich der Stamm einer lianenartigen Palme (*Calamus*) — sieht man schon mit freiem Auge kleine Löcher (Poren), die nichts anderes als die Querschnitte der Gefäße sind.

Lianen zeichnen sich überhaupt durch relativ weite Gefäße aus. Man betrachte z. B. die von der Weinrebe (*Vitis*), der Jungfernebe (*Ampelopsis*), der Waldrebe (*Clematis*), des Hopfens (*Humulus*) und die verschiedener Bäume wie Eiche, Gleditschia, Nußbaum u. a.

Um sich von der Porosität des Holzes, die hauptsächlich auf dem Vorhandensein der Holzgefäße beruht, zu überzeugen, eignet sich in ausgezeichneter Weise das spanische Rohr.

Taucht man das Ende eines etwa $\frac{1}{2}$ —1 m langen Stückes dieses Rohres in ein Glas Wasser, nimmt das obere Ende in den Mund und bläst mit den Backen hinein, so tritt sofort Luft unter Wasser in Form von zahlreichen Blasen aus.

Durch ein solches trockenes Stammrohr läßt sich auch Tabakrauch durchblasen, auch dann, wenn es 1—2 m lang ist (Fig. 12).

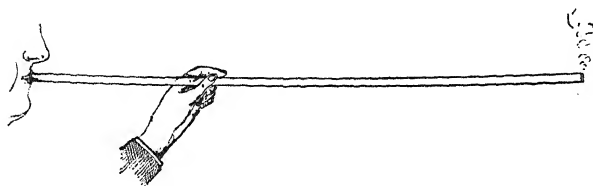


Fig. 12. Tabakrauch läßt sich durch ein 1—2 m langes spanisches Rohr blasen. Original.

Durch ein kürzeres Stück kann man, wenn man es mit einem Kautschuk-schlauch an die Gasleitung an-

schließt, auch Leuchtgas durchleiten und am freien Ende anzünden (Fig. 13).

Eine große Porosität zeigt auch das Eichenholz. Durch 10 bis 20 cm lange, daumendicke Stücke läßt sich der Länge nach gleich-

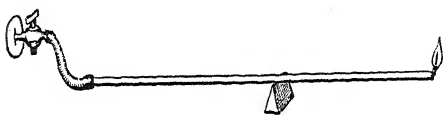


Fig. 13. Leuchtgas läßt sich durch ein 20 cm langes spanisches Rohr leiten und am Ende des Rohres anzünden. Original.

falls Luft, ja sogar Tabakrauch durchblasen, vorausgesetzt, daß das Holz trocken ist und sich keine Wassertropfen in den Gefäßen befinden.

Diese Versuche sind deshalb von großem Interesse, weil sie beweisen, daß die Holzgefäße auf weite Strecken offen sind, denn wenn diese feinen Röhrchen durch Querswände stellenweise geschlossen wären, könnte man weder Luft noch Rauch auf so weite Strecken durchblasen, weil durch die vegetabilische Zellhaut eine Druckfiltration von Gasen nicht möglich ist. Auch Tabakrauch könnte nicht durchströmen, denn dieser besteht aus einem Nebel unzähliger Wassertropfchen, in denen die Teerstoffe des Tabakblattes gelöst sind.

Wenn ein äußerst schmales Glasröhrchen, ein Kapillaritätsröhrchen in Wasser eingestellt wird, so wird bekanntlich die Flüssigkeit in der Kapillare über den Spiegel der Außenflüssigkeit gehoben.

Auch in den Holzgefäßen, die ja Kapillarröhrchen der feinsten Art darstellen, muß dieser Vorgang Platz greifen. Es hat eine Zeit gegeben, da man glaubte, daß die Kapillarität in den Holzgefäßen als wasserhebende und wasserhaltende Kraft beim Saftsteigen eine große Rolle spielt. Dies ist aber nicht der Fall, da die Gefäße das Wasser nur unbedeutend, nur etwa 4—17 cm zu heben vermögen.

Nimmt man ein etwa $\frac{1}{2}$ —1 m langes spanisches Rohr und saugt damit Wasser auf, bis es in den Mund gelangt, so sind die Holzgefäße mit Wasser angefüllt. Hält man gleich darauf das Rohr lotrecht in die Luft, so tropft aus dem unteren Ende das Wasser größtenteils heraus und wird im unteren Ende nur auf eine kurze Strecke kapillar zurückgehalten. Sowohl die wasserhebende als auch die wasserhaltende Kraft der Holzgefäße ist also gering und deshalb kann auch die Kapillarität beim Saftsteigen nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Mit der geringen wasserhaltenden Kraft von Gefäßkapillaren hängt eine Erscheinung zusammen, die ich im javanischen Urwald zuerst beobachten konnte²⁴⁾. Wenn man einen 5 cm dicken Stamm einer Liane mit einem Hackmesser rasch durchschneidet, so fließt weder aus der unteren noch aus der oberen Schnittfläche Wasser heraus. Sobald man aber in beträchtlicher Entfernung, am besten $\frac{1}{2}$ —1 m über dem Schnitt den Stamm neuerdings durchhackt und das abgetrennte Stammstück lotrecht hält, so tropft oder strömt Wasser in mehr oder minder großer Menge, $\frac{1}{2}$ —1 l aus der unteren Schnittfläche hervor (Fig. 14). In der ersten Minute ziemlich viel, dann weniger und nach 5 Minuten zu meist nichts mehr. Das Wasser stammt aus den Holzgefäßen, ist außerordentlich rein, von Bakterien frei und bot mir im Urwald, wo es an reinem Wasser oft fehlt, einen erfrischenden Labetrunk.

Der eben geschilderte Versuch läßt sich auch mit europäischen Lianen ausführen, z. B. mit der Waldrebe, Clematis vitalba. Schneidet man rasch einen etwa $\frac{1}{2}$ m langen Stamm dieser heimischen Liane ab und hält ihn vertikal, so fließen, namentlich bei feuchtem Wetter, aus der unteren Schnittfläche, einige Tropfen vermischt mit Luftblasen hervor.

Nun will ich eine Episode erzählen und einen Versuch schildern, der gleichfalls die Porosität des Holzes deutlich beweist.

Als vor etwa 36 Jahren die Röntgenstrahlen entdeckt wurden, begegnete ich einem bekannten Physiker, der mir hochofrenut und begeistert von den geheimnisvollen Strahlen erzählte, die Metallplatten und dicke Holzplatten durchdringen und dann noch auf die

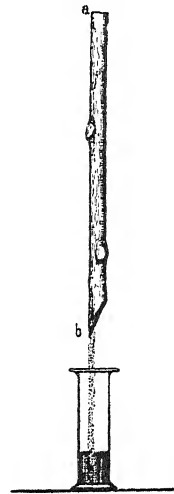


Fig. 14. Frisch abgeschnittenes Stück eines Lianenstammes, aus dem klares, trinkbares Wasser reichlich hervorströmt. Original.

darunter liegende photographische Platte wirken. Die Augen des Physikers verrieten aber großes Erstaunen, als ich ihm (scherzend) bemerkte, daß ich seit vielen Jahren in meinen Vorlesungen einen Versuch zeige, aus dem hervorgeht, daß Strahlen durch dickes Holz hindurchgehen und gleichfalls noch das photographische Papier beeinflussen. Auf die Frage, wie ich denn dies beweisen könnte, sagte ich: Nehmen Sie ein 3—5 cm langes Stück eines spanischen Rohres, dessen beide Enden mit einem scharfen Messer glatt geschnitten sind, so daß die Querschnitte der Holzgefäße deutlich wahrzunehmen sind. Dann blicken Sie durch das Stammstück der Länge nach gegen die Sonne oder eine Glühlampe und Sie werden zu Ihrer Überraschung das Sonnenlicht sehen, das durch die Holzgefäße einfällt und schließlich ins Auge dringt. Man glaubt am oberen Ende des Stammes ein leuchtendes Sieb zu sehen. Tatsächlich konnte sich der Physiker von der Richtigkeit des geschilderten Versuchs überzeugen. Er beobachtete wirklich Strahlen, die durch dickes Holz hindurchgehen und photographische Kraft besitzen; wir lachten beide über diesen wissenschaftlichen Scherz, es war alles richtig, nur waren es keine Röntgen-, sondern gewöhnliche Lichtstrahlen.

k)

Transpiration.

Darunter versteht man die Abgabe von Wasser in Form von Dampf durch die Oberfläche der Pflanze. Fast alle Pflanzen transpirieren, nur die nicht, die im Wasser untergetaucht leben oder sich im dunstgesättigten Raume befinden und keine höhere Temperatur haben als ihre nächste Umgebung.

Wie die Größe der Transpiration bestimmt wird, soll hier nicht erörtert werden, weil hierzu Apparate erforderlich sind und wir von solchen Experimenten, zu deren Durchführung Apparate notwendig sind, in diesem Buche absehen. Immerhin kann man die Tatsache, daß Pflanzen transpirieren, leicht in einfacher Weise dartun.

Ein Blatt vom Baume gepflückt und auf den Tisch gelegt, beginnt schon nach mehreren Stunden oder einem Tag zu welken, später zu verwelken und nach 2—3 Tagen oder noch später zu vertrocknen. Es wird infolge der Wasserabgabe leichter, dünner und trocken.

Bezüglich der Raschheit des Welkens verhalten sich die Blätter verschieden. Dünne, weiche Blätter, z. B. der Bohne, der falschen Akazie, Linde, des Hanfs, transpirieren und welken rasch. Gewächse mit derben, lederigen Blättern, wie Eiche, Preiselbeere, Oleander, Föhre und Fichte transpirieren viel langsamer, sukkulente, d. h. solche, die sich durch fleischige dickliche Blätter oder Stämme auszeichnen, wie Crassulaceen, Cacteen und gewisse Euphorbiaceen halten das Wasser mit großer Kraft zurück und transpirieren äußerst langsam. *Sempervivum tectorum*, die Hauswurz, kann, am Tische liegend, ohne Wasserzufuhr mehrere Wochen lang lebendig bleiben, weil sie ihr Wasser äußerst langsam abgibt. Genau so verhalten sich Sprosse der Fetthenne *Sedum*, des Portulaks, gewisser *Saxifraga*-Arten u. a.

Beim Pflanzenpressen macht man oft die unangenehme Erfahrung, daß solche sukkulente Pflanzen zwischen Papier eingelegt, nicht trocken werden wollen, ja sogar im Herbar eine Zeit lang noch weiter wachsen. Die langsame Abgabe von Wasser ist bei diesen Pflanzen bedingt durch verschiedene Schutzeinrichtungen gegen starke Transpiration, durch eine dicke Kutikula, Wachüberzüge und Schleime, die das Wasser mit großer Kraft zurückhalten. Wie sehr die Kutikula, jenes dünne Häutchen, das die Oberhautzellen bedeckt, und der Kork die Transpiration hemmen, kann leicht durch folgende Versuche gezeigt werden.

Zwei gleiche Äpfel, von denen der eine geschält wird, der andere unversehrt bleibt, läßt man am Tische liegen. Nach einer Woche ist der geschälte zu einer harten Masse zusammengeschrumpft, der ungeschälte aber erscheint noch nach einem Monat oder darüber hinaus fast unverändert.

Derselbe Versuch wird mit zwei gleichen Kartoffelknollen ausgeführt. Bei einem wird die braune Korkschale entfernt. Schon nach einer Woche ist der geschälte in eine steinharte Masse verwandelt, während die ungeschälte nach dieser Zeit, kaum eine merkbare Veränderung aufweist.

Die beiden Versuche zeigen deutlich, wie beim Apfel die Kutikula und bei der Kartoffel die Korkschale die Wasserabgabe in hohem Grade hemmen.

Alle Umstände, die die Verdampfung einer freien Wasserfläche fördern oder hemmen, wie Wärme, Licht, Luftströmungen, Feuchtigkeit u. a. beeinflussen auch die Transpiration der Pflanze. Aber trotzdem ist die Transpiration keine rein physikalische,

sondern eine physikalisch-biologische Erscheinung. Die Pflanze greift auch selbstregulierend in die Transpiration ein, durch ihren anatomischen Bau, durch die Kutikula, den Kork, die Wachsüberzüge und, wie jetzt noch gezeigt werden soll, durch die Spaltöffnungen.

Diese meist an der Unterseite des Laubblattes in großer Zahl vorhandenen kleinen Apparate bestehen aus zwei halbmondförmigen

Zellen, Schließzellen genannt, und einem dazwischen liegenden Spalt, der nach außen mit der Luft, nach innen mit einem luftgefüllten Hohlraum, der Atemhöhle und durch diese mit den anderen Gasräumen des Blattes in Verbindung steht (Fig. 15).

Die Spaltöffnungen haben die Fähigkeit, sich zu öffnen und zu schließen. Ist die Luft trocken und ist es windig, so schließen sie sich. Im Lichte sind sie meist offen, im Finstern geschlossen. Tritt Wassermangel in der Pflanze ein, so sperrt die Pflanze diese unzähligen kleine Ventile ab,

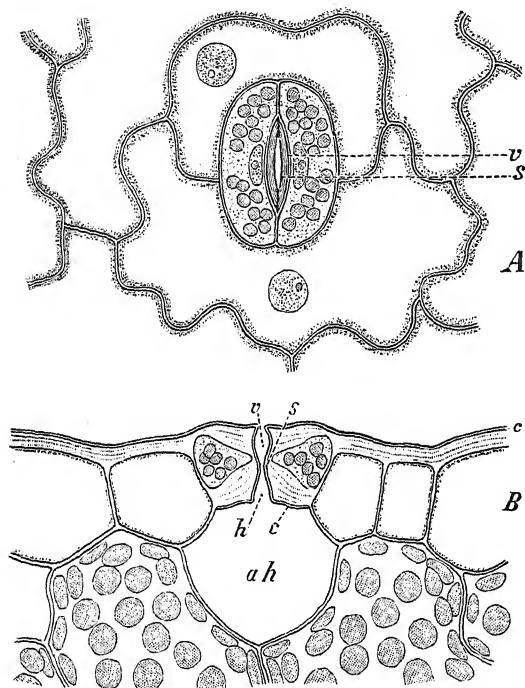


Fig. 15. Spaltöffnung in der Blattepidermis vom Thymian (*Thymus serpyllum*). A in der Aufsicht, B im Durchschnitt. s Zentralspalte, v Vorhof, h Hinterhof, c Kutikula, ah Atemhöhle. In den Schließzellen Chlorophyllkörner. Nach Kny.

um mit dem Wasser zu sparen, trifft die Blätter das Sonnenlicht, dann öffnen sich die Spalten, um der für die Assimilation so wichtigen Kohlensäure den Eintritt in das Blatt zu ermöglichen.

a) Die Infiltrationsmethode²⁵⁾. Der Physiologe wünscht oft zu wissen, ob die Spaltöffnungen offen oder geschlossen sind. Dies kann durch einen einfachen Versuch entschieden werden.

Wenn ein besonntes Tropaeolum-Blatt auf seiner Unterseite mit einem Tropfen Alkohol versehen wird, so wird der von der Flüssig-

keit bedeckte Teil, falls die Spaltöffnungen offen sind, im auffallenden Lichte dunkel und im durchfallenden durchscheinend hell. Der Alkohol dringt durch die offene Spalte in die Atemhöhle und von hier in die damit in Zusammenhang stehenden luftefüllten Hohlräume (Interzellularen). Die Luft wird hier durch den Alkohol verdrängt und das gibt sich durch eine dunklere Färbung der infiltrierten Stellen zu erkennen. Anstatt Alkohol läßt sich auch Benzol, Xylol und Terpentinöl verwenden.

Wie genau die Spaltöffnungen auf Licht und Dunkelheit antworten, zeigt folgender Versuch (Fig. 16).

Ein ausgewachsenes Blatt vom Flieder, *Syringa vulgaris*, wird am Strauche mittags an einem sonnigen, warmen Sommertag quer über der Mitte ober- und unterseits mit einem schwarzen Papierstreifen verdunkelt. Das Papier muß dem Blatte knapp anliegen. Man erreicht dies am besten, indem man das Papier mit Stecknadeln am Blatte befestigt. Nach 24 Stunden befreit man das Blatt von der Hülle und benetzt die Unterseite rasch mit absolutem Alkohol. Man bemerkt dann, wie der Alkohol in die dem Lichte ausgesetzt gewesenen Blatteile eindringt und sie infiltriert, während die verdunkelt gewesenen Teile unverändert grün erscheinen. Schon jetzt sieht man oft mit großer Schärfe die infiltrierten Teile sich von den nicht infiltrierten, früher vom Papier bedeckten abheben. Der Unterschied wird aber später noch schärfer, weil der Alkohol dort, wo er in das Blattinnere eingedrungen ist, die Zellen abtötet und nach einiger Zeit, infolge der Einwirkung von Oxydasen, eine Bräunung des Blattgewebes hervorruft. Trocknet und preßt man ein solches Blatt zwischen Filterpapier, so erscheint noch nach Jahren die verdunkelt gewesene Fläche genau im Ausmaß der Hülle grün, der übrige Teil braun.

Mit Leichtigkeit läßt sich, um nur einige Beispiele zu nennen, mit dieser Methode zeigen, daß viele Pflanzen ihre Spaltöffnungen

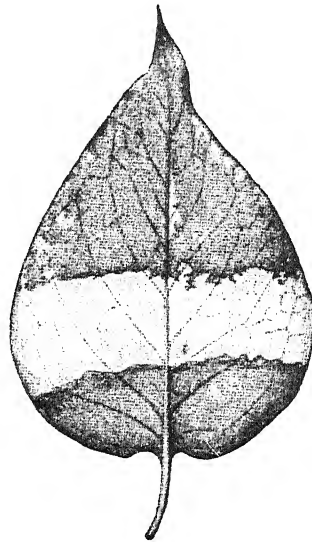


Fig. 16. Fliederblatt (*Syringa*) der Infiltrationsmethode unterworfen. $\frac{2}{3}$ natürl. Größe. Siehe Text. Original.

in der Nacht oder bei künstlicher Verdunkelung schließen; daß an einem und demselben Baum oder Strauch die Spaltöffnungen sich je nach dem Grade der Beleuchtung oft sehr verschieden verhalten; daß sich die Spalten im Winde oder beim Welken oft schließen; daß manche Pflanzen ihre Spalten überhaupt nicht schließen oder öffnen; daß bei ein und demselben Blatt die Spaltöffnungen sich im Laufe seiner Entwicklung häufig verschieden verhalten und manches andere.

β) Kobaltmethode²⁶⁾. Werden Streifen von Filtrierpapier mit einer 5%igen Lösung von Kobaltochlorür getränkt und dann am Ofen oder an der Sonne getrocknet, so kann man sich leicht überzeugen, daß solche Papiere im trockenen Zustande blau, im feuchten aber rot sind. Diese Farbenwandlung der Kobaltsalze je nach dem Wassergehalt hat Stahl für Transpirationsversuche verwendet.

Wird ein Blatt, daß nur auf der Unterseite Spaltöffnungen besitzt und dessen Spaltöffnungen offen sind, ober- und unterseits mit trockenem, also blauen Kobaltpapier bedeckt und legt man das Ganze zwischen zwei Glasplatten, so wird das auf der Unterseite liegende Blatt Papier in kurzer Zeit rot, im Gegensatz zu den oberseits befindlichen Papier, das sich entweder gar nicht oder viel später rötet. Was ist die Ursache? Unterseits geben die offenen Spaltöffnungen reichlich Wasserdampf ab und dieser bedingt den Farbumschlag von blau in rot. Oberseits fehlen die Spaltöffnungen und daher bleibt das Papier länger trocken und blau.

γ) Cellophanmethode. Cellophan ist ein sehr dünnes, durchsichtiges, biegsames und äußerst hygroskopisches Papier, bestehend aus faserloser, porenfreier Zellulose. Es ist in Papierhandlungen in farblosem und gefärbtem Zustande leicht erhältlich.

Weber²⁶⁾ hat darauf aufmerksam gemacht, daß das Cellophanpapier ein ausgezeichnetes Mittel abgibt, um die Transpirationsgröße und damit indirekt die Öffnungsweite der Spaltöffnungsapparate zu ermitteln.

Zu diesem Zwecke werden aus dem Cellophanbogen Streifen in verschiedenen Größen, je nach der Größe des zum Versuche verwendeten Blattes, am besten in länglich rechteckiger Form von etwa 10—60 mm Länge und 5—25 mm Breite geschnitten. Man faßt mit trockenen Fingern das eine Ende des Streifens und legt ihn flach auf das zu prüfende Blatt auf. Wenn die Spaltöffnungen geöffnet sind, so biegt sich der Streifen in kurzer Zeit, meist schon

innerhalb weniger Sekunden infolge der starken Wasserabgabe des Blattes senkrecht zur Blattfläche nach aufwärts.

Je größer die Öffnungsweite der Spaltöffnungen ist, mit anderen Worten, je größer die Transpiration ist, desto rascher biegt sich der Streifen nach aufwärts. Die Versuche gelingen um so besser, je dünner das Papier ist.

Ähnlich wie mit der Infiltrationsmethode und der Kobaltmethode läßt sich auch mit dem Cellophanpapier auf Exkursionen leicht und bequem feststellen, ob die Spaltöffnungen offen oder geschlossen sind, ob sie sich nur an der Unterseite oder auch an der Oberseite oder an beiden Seiten des Blattes befinden, denn nur dort, wo sie fehlen oder wo sie geschlossen sind, erhebt sich der Streifen nicht.

1. Welken abgeschnittener Sprosse. Wird ein beblätterter Sproß der Linde, der Buche oder der Bohne abgeschnitten und in ein Glas Wasser gestellt, so bleibt er längere Zeit frisch. Wird er aber nicht in Luft, sondern unter Wasser abgeschnitten und mit der Schnittfläche gleich darin belassen, so bleibt er viel länger als der in Luft abgeschnittene frisch. Dies hängt mit dem negativen Druck der Gefäßluft zusammen. Die Luft in den Gefäßen ist namentlich zur Zeit starker Transpiration verdünnt. Wird ein Zweig durchschnitten, so werden dabei die Holzgefäße geöffnet und daher wird sofort durch den äußeren Luftdruck Luft oder, wenn der Zweig unter Wasser durchschnitten wird, Wasser auf weite Strecken in diese hineingepreßt. Durch den Eintritt der Luft wird eine Hemmung der Saftleitung geschaffen, durch die Einpressung von Wasser wird diese Störung vermieden und gleichzeitig ein Wasserzuschuß gewonnen. Daher das längere Frischbleiben des Zweiges.

1)

Der umgekehrte Saftstrom.

Gewöhnlich bewegt sich der Wasserstrom im Stamme nach aufwärts, aber unter besonderen Umständen kann er gezwungen werden, seinen Weg umgekehrt zu nehmen, also von der Spitze zur Basis. So im folgenden Versuch.

Ein 1—1½ m langer, von der Mutterpflanze abgetrennter Zweig der Jungfernrebe, *Ampelopsis quinquefolia*, des Weinstocks, *Vitis vinifera*, oder der Feuerbohne, *Phaseolus multiflorus*, wird mit seinem Gipfel in ein Glas Wasser etwa 5—10 cm tief eingetaucht; während der übrige beblätterte Teil in der Luft liegt und kräftig

transpiriert. Nach einiger Zeit (1 Tag) kann man bemerken, daß der unter Wasser befindliche Gipfel des Sprosses welk und schlapp ist, obwohl er gar nicht transpirieren konnte.

Dieses auf den ersten Blick paradox erscheinende Verhalten ist so zu erklären, daß die an der Luft befindlichen Blätter, da sie von der Wurzel abgetrennt sind, das Wasser zunächst dem Stengel und schließlich dem Sproßgipfel entnehmen, und zwar in dem Maße, daß auch dieser, obwohl unter Wasser befindlich, welk und schlapp wird. Das untergetauchte Sproßende vermag sich nicht selbst mit Wasser zu versorgen, es muß daher, da ihm Wasser von den bis zum Welken stark transpirierenden Blättern entzogen wird, in welken Zustand geraten. Gewöhnlich bewegt sich der sogenannte Transpirationsstrom nach aufwärts, aber der eben beschriebene Versuch lehrt, daß auch die umgekehrte Richtung Platz greifen kann und diese bedingt in unserem Falle das Welken des Sproßgipfels unter Wasser.

m)

Aufnahme von Wasser durch Blätter.

Der Eintritt von Wasser in die Pflanze erfolgt gewöhnlich durch die Wurzel. Aber auch Blätter haben oft die Fähigkeit, Wasser aufzunehmen, namentlich solche, die leicht benetzbar sind. Im besonderen Grade dazu angepaßt sind die Moose. Diese können vollends welken, wenn sie aber in Wasser gebracht werden, nur mit ihren beblätterten Stengeln, jedoch ohne Rhizoiden, und dafür gesorgt wird, daß sie durch Stengelwunden Wasser nicht aufnehmen können, so tritt Wasser rasch ein und sie werden frisch und turgeszent.

Daß auch Blätter höherer Pflanzen Wasser durch Osmose einsaugen können, kann leicht durch folgenden Versuch bewiesen werden.

Mehrere Blätter von *Pelargonium zonale* werden gepflückt und für 2—3 Tage im diffusen Licht auf den Tisch gelegt. Nach dieser Zeit sind sie welk geworden und sind ganz schlapp. Ein Teil davon wird mit der Spreite unter Wasser getaucht, während das Ende des Blattstieles, mit Vaseline verschlossen, in die Luft ragt. Nach 24 Stunden sind die untergetauchten Blätter wieder ganz frisch und steif geworden, im Gegensatz zu den Kontroll-exemplaren. Wenn die unter Wasser befindlichen Blätter ihren

welken Zustand aufgegeben haben, so müssen sie durch die Oberfläche der Spreite Wasser aufgenommen haben. Dasselbe lehren Versuche mit benetzbaren Blättern zahlreicher anderer Pflanzen.

Schon die geschilderten Versuche lehren, daß die Transpiration eine bedeutende Rolle bei der Wasserbewegung spielt, dasselbe gilt von der Kohäsion und der lebenden Zelle, doch liegt es dem Ziele dieser Schrift ferne, darauf näher einzugehen.

6.

Der Assimilationsstrom.

Im Sonnenlicht entstehen in den grünen Teilen der Pflanze, in den Chlorophyllkörnern aus Kohlensäure und Wasser Zucker und Stärke, diese können mit anderen Stoffen Verbindungen eingehen und es bilden sich Aminosäuren und Eiweiß. Man bezeichnet alle diese Verbindungen als Assimilate. Diese verbleiben aber nicht im Blatte, sondern wandern aus, in den Stamm, in die Wurzel und nach allen jenen Orten, wo Wachstum und Neubildung von Zellen stattfindet.

Die alten Physiologen meinten, es gebe in den höheren Pflanzen einen im Holze aufsteigenden Wasserstrom und einen nach abwärts fließenden Assimilatenstrom. Sie dachten also an eine Art Kreislauf. Im großen und ganzen ist ja diese Ansicht beiläufig richtig, nur darf man aber nicht glauben, daß es nur diese beiden Ströme gibt, denn neben diesen beiden Hauptströmen können sich noch andere geltend machen; sie alle richten sich nach dem Bedarf der Pflanze. Entsteht irgendwo eine Knospe, eine Blüte, ein Blatt, eine Frucht, eine Wurzel oder klafft irgendwo eine Wunde, so wird nach diesen Orten ein Nahrungsstrom gesendet und der Strom kann nach oben oder unten, nach links oder rechts und nach vorn oder hinten gerichtet sein. Es gibt also sehr verschieden verlaufende Ströme neben den schon erwähnten beiden Hauptströmen.

Daß der Assimilatenstrom sich in der Rinde tatsächlich nach abwärts bewegt, kann durch einfache Versuche bewiesen werden.

Wird ein Stamm eines Laubbaumes geringelt, d. h. wird die Rinde in Form eines 1—3 cm breiten Ringes bis auf den Holzkörper abgetragen, so tritt nach einiger Zeit eine Übernährung des oberen Wundrandes ein. Dieser verdickt sich nach einigen Wochen oder Monaten und bildet nach und nach einen dicken Wulst (Fig. 17). Auch an dem unteren Wundrande kann eine Ausheilung und eine

Verdickung auftreten, doch ist sie stets schwächer als über der oberen Wundlippe.

Wenn die Assimilate in der Rinde nach abwärts geleitet werden, dann muß, falls durch Abtragung des Rindenringes der Weg für die Leitung der plastischen Stoffe unterbrochen wird, oberhalb der Ringwunde eine Stauung der Assimilate eintreten und damit ist die Ursache für die Überernährung gegeben.

Steht der geringelte Baum an einem mehr schattigen, feuchten Ort, so kann die Ringwunde nach einiger Zeit ganz ausheilen und

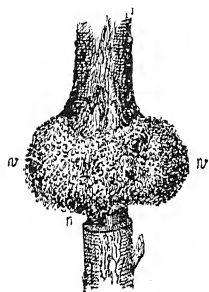


Fig. 17. *Evonymus japonicus*, einjährige Ringelung des Stammes. Über dem Ring *n* hat sich am oberen Rande ein mächtiger Wulst *w* mit Wurzelfilz gebildet. Natürl. Größe. Original.

durch die neugebildete Rinde kann dann der Assimilatenstrom wieder ungehindert bis in die Wurzeln gelangen. Die Bäume sind gegenüber der Ringelung sehr verschieden widerstandsfähig, es gibt solche, die sie rasch ausheilen, andere, die, auch wenn der Ring sehr breit ist und nicht völlig vernarbt, 1—2 Jahre am Leben bleiben können und endlich, die, wie die falsche Akazie (*Robinia*), nach der Ringelung schon nach einem Tage zu welken beginnen, da hier das Wasser nur im letzten Jahresring geleitet wird und dieser durch Bloßlegung der Rinde rasch eintrocknet. Man kann also einen Akazienbaum einfach dadurch in auffallend kurzer Zeit töten, daß man am Hauptstamm einen Rindenring abträgt.

Aber auch die Bäume, die gegen Ringeln sehr widerstandsfähig sind und ohne Vernarbung der Wunde 1—2 Jahre am Leben bleiben, sterben schließlich doch ab, weil die Wurzeln wegen des Mangels an Chlorophyll selbst organische Substanz nicht bereiten können und daher auf die durch die Blätter erzeugten Assimilate angewiesen sind. Sobald ihre Reservestoffe aufgezehrt sind, müssen sie daher verhungern und absterben. Befinden sich aber unterhalb der Ringelung beblätterte Äste, die assimilieren und ihre Assimilate den Wurzeln zukommen lassen, so kann der Baum noch viele Jahre leben. — Die Gärtner haben schon lange die Beobachtung gemacht, daß Zweige der Obstbäume, die geringelt wurden, schon im nächsten Jahre oberhalb der Ringelung viel mehr Blüten und Früchte bringen. Das Verfahren bewährte sich so glänzend, daß man den Rindenring als „Zauberring“ bezeichnete.

Die durch das Ringeln gestauten Assimilate bedingen eine bessere Ernährung des Zweiges oberhalb der Wunde und damit eine reichlichere Entwicklung der Blüten und Früchte; aber nicht nur das, es wird auch die Reife der Früchte beschleunigt und ihr frühzeitiges Abfallen mehr oder weniger verhindert.

Die Ringelung kann durch die Stammschlinge ersetzt werden. Umbindet man den Stamm oder Zweig mit einem starken Draht, so legt sich dieser infolge des Dickenwachstums des Stammes immer enger an, drosselt ihn und die Folge davon ist gleichfalls eine Stauung der abwärts fließenden Assimilate oberhalb der Schlinge. Tritt die Erhöhung der Fruchtbarkeit im nächsten Jahre ein, so kann die Schlinge wieder entfernt werden, weil sie sonst zu tief in den Zweig einschneiden würde.

Um die Fruchtbarkeit zu heben, bedient man sich auch des Drehens und Brechens der Zweige.

Das Drehen wird in der Weise vorgenommen, daß man einen üppig wachsenden Zweig, der in halbverholztem Zustande sein muß, mit dem Daumen und Zeigefinger in der Mitte faßt und dann um seine Längsachse ein- bis zweimal dreht. Dabei wird die Rinde entweder zerrissen, gesprengt oder gequetscht. Auch das Holz und Mark kann dabei verwundet werden. Darauf biegt man den Zweig in Form einer Schlinge mit der Triebspitze, die entweder abgeschnitten oder belassen wird, nach aufwärts (Fig. 18). Gedrehte Zweige der Birne geben besonders gute Resultate.



Fig. 18. Gedrehter Zweig der Birne (*Pyrus domestica*) in eine Schlinge geformt. Etwa 5 mal verkleinert. Original.

Das Brechen der Zweige soll vorgenommen werden, sobald sie zu verholzen beginnen oder schon verholzt sind. Das trifft im Sommer zu. Der Zweig wird entweder durch Biegen gebrochen oder geknickt oder eingeschnitten, aber stets nur soweit, daß die Saftleitung bloß mehr oder weniger gehemmt wird und der Zweig über der Wunde eben noch genügend mit Wasser versorgt wird. Apfelbäume eignen sich für solche Versuche besonders gut.

B. Atmung.

Der Mensch, das Tier und die Pflanze atmet, d. h. sie nehmen Sauerstoff auf, verwenden ihn zur Verbrennung organischer Substanz (Zucker, Fett) und geben als Verbrennungsprodukt Kohlensäure und Wasser ab.

Daß bei der Atmung Sauerstoff verbraucht und Kohlensäure entwickelt wird, kann leicht gezeigt werden.

Ein zylindrisches, etwa 40 cm hohes und 7 cm breites Glasgefäß (ein schlankes, höheres Trinkglas leistet dieselben Dienste),

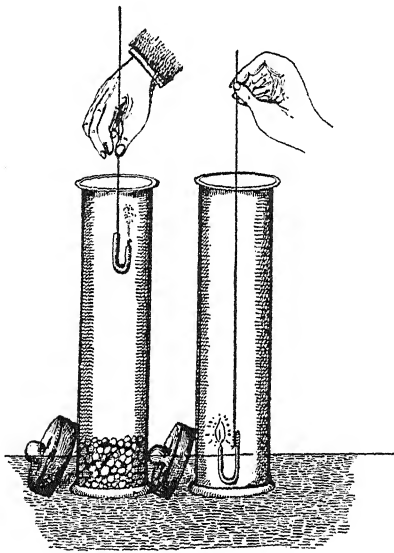


Fig. 19. Verbrauch des Sauerstoffes bei der Atmung. S. Text. Original.

das mit einem eingeriebenen Glasstöpsel oder einer Glasplatte und etwas Vaseline verschlossen werden kann, wird mit einer Handvoll frisch abgeschnittenen Grases oder keimender Erbsen beschickt und im Finstern bei guter Temperatur aufgestellt. Daneben stellt man ein gleiches Gefäß ohne Blätter bzw. Samen. Wird am nächsten Tag das erste Gefäß geöffnet und ein brennendes Kerzchen eingetaucht, so erlischt dieses sofort, während es in dem Kontrollgefäß ohne Gras ruhig weiterbrennt (Fig. 19). Die Grasblätter atmeten, verbrauchten den ganzen im Glase vorhandenen Sauerstoff und daher erlischt die Kerze, denn zum Brennen ist Sauerstoff erforderlich.

Ein anderer Versuch zeigt, daß bei der Atmung auch Kohlensäure entsteht. Man hat nur nötig, die beiden vorher verwendeten Versuchsgefäße mit etwas (50 ccm) klarem Kalkwasser zu versehen, das man sich leicht verschaffen kann, wenn man ein Stückchen Ätzkalk in Wasser löst und filtriert. In eines dieser Gefäße hängt man einen beblätterten Zweig des Flieders oder der Linde, verschließt und läßt im Finstern etwa 24 Stunden stehen. Dann wird sich zeigen, daß sich die Ätzkalklösung in dem Zweig-Gefäß getrübt hat, während sie in dem gleichfalls abgeschlossenen Gefäß ohne Zweig klar bleibt. Die von dem Zweig entbundene Kohlensäure

hat sich mit dem Kalk zu kohlensaurem Kalk verbunden, der, weil unlöslich, abgeschieden wird und die Trübung bewirkt.

Wärmeentwicklung. Wenn die Atmung einen Verbrennungsprozeß darstellt, dann muß dabei Wärme frei werden. Der Mensch und das warmblütige Tier verdankt ja der Atmung seine Körperwärme. Und die Pflanze? Erwärmt sie sich auch? In der Natur merkt man allerdings nicht viel davon.

Bohrt man in einen Baumstamm ein Loch, steckt man ein Thermometer hinein, so wird die Wunde nach einiger Zeit ausheilen, das Thermometer erscheint mit dem Stamm förmlich verwachsen und nun hat man Gelegenheit, die Temperatur des Baumes zu jeder Zeit ablesen zu können. Da zeigt sich nun, daß die Temperatur des Baumes ungefähr dieselbe ist, wie die der umgebenden Luft. Ist es Winter und sinkt die Temperatur auf -15° , so hat auch der Baum fast diese Temperatur und ist es Sommer und die Temperatur $+20^{\circ}$ C, so wird das dem Baum eingefügte Thermometer nahezu dieselbe Temperatur anzeigen. Es wird nur etwas nachhinken, weil der Baum als schlechter Wärmeleiter die Wärme langsam aufnimmt. Auch wenn man ein im Schatten des Waldes befindliches Blatt auf seine Temperatur prüft, wird man nicht finden, daß es wärmer ist als die Luft.

Um dies zu verstehen, darf man nicht vergessen, daß der Wärmeanhäufung im Blatte beständig zwei physikalische Faktoren entgegenarbeiten: die Wärmeausstrahlung und die Verdunstung. Jeder Körper strahlt Wärme aus, je größer seine Oberfläche, desto mehr. Nun sind die Blätter meist flächenartig ausgebreitet, die Pflanze gewinnt deshalb sehr an Oberfläche, im Gegensatz zum Tier, das im Verhältnis zu seinem Körpergewicht eine verhältnismäßig kleine Oberfläche besitzt. Die Pflanze strahlt daher die Wärme rasch aus. Aber nicht nur das, das Blatt verdampft auch Wasser, es bildet sich wie bei der Verdampfung eines Tropfens Alkohols oder Äthers auf der Hand Verdunstungskälte und dadurch wird gleichfalls der Pflanze Wärme entführt.

Wärmeausstrahlung und Verdunstung (Transpiration) wirken gleichsinnig zusammen, die von der Pflanze gebildete Wärme rasch zu entziehen. So kommt es, daß wir diese unter gewöhnlichen Umständen nicht bemerken. Sobald wir aber diese beiden entgegenarbeitenden Umstände ausschließen, kann durch einfache Versuche die Wärmeentwicklung nachgewiesen werden.

Ich erinnere mich noch heute aus meiner Knabenzeit einer Erscheinung, die mich die Wärmebildung der Pflanze deutlich erkennen ließ.

Eines Tages wurden vom Felde ganze Fuhren von frisch gebrochenen Maiskolben heimgebracht und in einen Schuppen auf einem großen Haufen zusammengeschichtet. Als man einen Tag später die Kolben von den Blättern (Lieschen) befreite und ich dabei mithalf, spürte ich deutlich, wie sich namentlich die in der Tiefe des Haufens liegenden Kolben heiß oder warm anfühlten. Sie atmeten, entwickelten Wärme und da sie in hoher Schicht übereinander lagen und sich gegenseitig deckten, konnte die Wärme nicht ausstrahlen und schon mit der bloßen Hand gefühlt werden. Das war das erste Mal, daß ich, noch ein Knabe, die Wärmeentwicklung einer höheren Pflanze beobachtete.

Will man sich in bequemer Weise von der Wärmebildung der Laubblätter²⁷⁾ überzeugen, so sammle man 2—4 kg frisch gepflückte Blätter eines Baumes (Birne, Akazie), tue sie in einen Korb, bedecke die Oberfläche mit einem Pappendeckel, durch den ein Thermometer bis in die Mitte der Blattmasse eingeführt wird, stelle das Ganze in eine Holzkiste und Sorge dafür, daß der Zwischenraum zwischen Korb und Kiste noch mit einem schlechten Wärmeleiter (Holzspäne) ausgefüllt wird. Der Versuch soll an einem Orte mit ruhiger Luft ablaufen. Schon nach 1—2 Stunden stellt sich eine Erhöhung der Temperatur ein und nach 15—24 Stunden steigt sie so hoch, daß sich die Blätter heiß anfühlen und sogar in der von ihnen selbst gebildeten Wärme absterben. Füllt man ein kleines Gläschen mit Äther oder mit Kakaobutter und stellt dies in die Blattmasse, so beginnt der Äther zu siedeln und die Butter zu schmelzen.

Die folgende Tabelle gibt deutlich zu erkennen, wie stark sich frische Blätter erwärmen können.

| Frisch gepflückte Blätter von | Luft- temperatur in ° C | Temperatur- maximum der Blätter ° C | Innerhalb Stunden |
|----------------------------------|-------------------------------|--|----------------------|
| <i>Pirus communis</i> | 15 | 59 | 27 |
| <i>Carpinus betulus</i> | 23 | 51.5 | 15 |
| <i>Robinia pseudacacia</i> | 24 | 51 | 13 |
| <i>Tilia</i> sp. | 18 | 50.8 | 27.5 |
| <i>Juglans regia</i> | 15 | 49.7 | 43.5 |
| <i>Salix caprea</i> | 15 | 47.1 | 22 |
| <i>Cytisus laburnum</i> | 18 | 45.6 | 18.5 |
| <i>Vitis vinifera</i> | 17 | 43.3 | 28 |

Es gibt aber auch Pflanzen, die sich infolge außerordentlich intensiver Atmung derart erwärmen, daß man trotz Wärmestrahlung und Transpiration die Wärme mit der Hand bei Berührung fühlt.

Dazu gehören die Blütenkolben gewisser Aroideen. *Arum italicum* entwickelt Kolben, die sich rasch erwärmen; um etwa 17°C mehr als die umgebende Luft. Legt man 5 Kolben dicht aneinander und umgibt man sie, um die rasche Wärmeausstrahlung zu hemmen, mit einem Tuch, so kann die Temperatur auf etwa 51°C steigen bei einer Lufttemperatur von 15.4° .

Der im Mai erscheinende Blütenstand ist ein auffallend gestalteter Kolben. Er ist von einer tütenförmigen, weißlich und rötlich gefleckten Blumenscheide umgeben, trägt an seiner Basis die weiblichen, in der Mitte die männlichen Blüten und geht in einen nackten, lichtpurpurnen Anhang über. Dieser ist es, der sich zur Zeit, wenn das Blühen des Kolbens beginnt, infolge intensiver Atmung so hochgradig erwärmt, daß er sich lauwarm anfühlt. Die Temperaturerhöhung beginnt mit dem Öffnen der Scheide und dem Aufblühen, steigt dann 3—4 Stunden, bleibt 1—2 beiläufig auf dem Höchstwert, um dann abfallend wieder zu verschwinden. Ein an den warmen Kolben angepreßtes Thermometer läßt einen Temperaturüberschuß von $6\text{—}10^{\circ}$ erkennen, einen bedeutend größeren aber, wenn man mehrere Kolben zusammenbindet. —

Die in dem Kolben vor dem Blühen reichlich vorhandenen Kohlehydrate werden binnen kurzer Zeit veratmet und verbrannt und diese Verbrennung ist mit der Bildung großer Wärmemengen verknüpft. — Bekanntlich ruhen Fliegen gerne an warmen, z. B. von der Sonne beschienenen Orten aus. Auch an dem Kolbenanhang lassen sich reichlich Fliegen und Käfer nieder, wenn er lauwarm ist, und es ist gewiß, daß diese im Pflanzenreiche höchst auffallende Wärmebildung Insekten anlockt, die dann, auf der Kolbenspindel auf- und abkriechend, durch Übertragung des Blütenstaubes die Fremdbestäubung vermitteln*).

Selbsterhitzung des Pferdemistes und des Heues. Den Höhepunkt der Wärmeentwicklung aber zeigen die wärme-

*) In Auen unter Gebüsch findet sich nicht selten im Frühjahr eine zu den Aroideen gehörige krautige Pflanze, der Aronstab oder *Arum maculatum*. Ein Stückchen des spießpfeilförmigen, frischen Blattes gekaut, erzeugt auf der Zunge und den Lippen ein scharfes Brennen, das von nadelförmigen Kalkoxalatkristallen herrührt, die gleich winzigen Dolchmessern in die Schleimhäute des Mundes eindringen und hier den Schmerz erzeugen.

liebenden (thermophilen) Bakterien. Wenn Pferdedünger in großen Haufen beisammenliegt, so fängt er an zu dampfen, selbst im kalten Winter. Reißt man ihn auseinander, so dampft er ganz besonders stark, da das von den warmen oder sogar heißen Mistteilchen abdunstende Wasser in Berührung mit der kalten Außenluft sich rasch zu Nebel verdichtet. Schon durch das Gefühl der Hand kann die hohe Temperatur des Düngers festgestellt werden, genauer mit dem Thermometer. Temperaturen von 40° — 70° C sind nichts seltenes. — Diese Selbsterhitzung ist zweifellos seit uralter Zeit bekannt, aber die richtige Erklärung dafür hat man erst am Ende des vorigen Jahrhunderts gefunden. Die Erwärmung wird durch die Atmung der Bakterien und Schimmelpilze, die im Miste außerordentlich günstige Ernährungsbedingungen finden und sich hier überaus rasch vermehren, bewirkt. Infolge ihrer außerordentlich intensiven Atmung, die einem Verbrennungsprozeß gleichkommt, erzeugen sie Wärme und rufen dadurch die Erhitzung des Haufens, der selbst einen schlechten Wärmeleiter darstellt, hervor.

In Heuhaufen, die feucht sind, kann es gleichfalls zu sehr bedeutender Erwärmung kommen, die man schon feststellen kann, wenn man die Hand in das Innere des Haufens einführt. Auch hier bringen Bakterien und Schimmelpilze durch intensive Atmung Temperaturen bis 67° C hervor.

Man hat sogar beobachtet, daß es zu einer Selbstentzündung des Heues kommen kann, doch hat diese Erscheinung nicht direkt etwas mit den Pilzen zu tun, sondern ist in folgender Weise zu erklären. Durch die erwähnten Mikroorganismen oder Kleinwesen wird das Heu in eine eigenartige, kohlige Masse übergeführt, welche, falls der Heuhaufen rasch auseinander gerissen wird und der Sauerstoff der Luft leichter Zutritt erhält, den Sauerstoff so reichlich verschluckt und verdichtet, daß die Heumasse stellenweise ins Glimmen kommt und die trockenen Halmstücke sich entzünden. Die kohlige Beschaffenheit des Heues wirkt hier ähnlich wie das Platinmoor bei den Selbstentzündern unserer Gasbeleuchtung.

Ähnlich wie Pferdemist und Heu verhalten sich auch andere organische Abfälle, schmutzige Baumwolle, verwesendes Laub, feuchte Gerberlohe u. a.

Seit langer Zeit pflegt man Mist- und Warmbeete in Gärtnereien mit Pferdemist und Laub zu erwärmen, der wärmespendende Faktor ist aber nicht der Mist, sondern geht von den lebenden Schimmelpilzen und Bakterien aus.

C. Über Lichtentwicklung²⁸⁾.

Wenn man von leuchtenden Pflanzen spricht, so muß man wohl unterscheiden zwischen solchen, die nur scheinbar Licht erzeugen und solchen, die es tatsächlich tun. Die ersteren scheinen zu leuchten, aber bei genauerer Untersuchung zeigt sich, daß sie nur schon vorhandenes Licht auffangen und dann wie eine Blendlaterne zurückstrahlen.

a)

Die Goldalge.

Auf dem Wasserspiegel der Bottiche und Untertassen von Blumentöpfen in Gewächshäusern, aber auch in der freien Natur bemerkt man nicht selten einen eigenartigen Belag, der in direktem oder diffusem Lichte bei bestimmter Blickrichtung einen herrlichen Goldglanz ausstrahlt und einen zauberhaften Anblick gewährt. Diese wunderbare optische Erscheinung rührt von einem mikroskopisch kleinen Lebewesen her, von der Alge Chromophyton Rosanoffii.

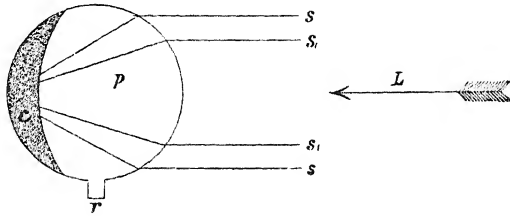


Fig. 20. Eine sehr stark vergrößerte, schematisch gezeichnete Zelle von Chromophyton Rosanoffii Woron. *p* Plasma, *c* Chromatophor, *r* Stielchen, mit dem die Zelle auf dem Wasserspiegel aufsitzt. *L* Lichteinfall, *ss* parallel auffallende Strahlen, welche so gebrochen werden, daß sie gegen den Chromatophor zusammenneigen. Original.

Ihre Schwärmer stellen kleine, mit einer Geißel versehene Kügelchen von 4—6 μ dar, die unter anderen aus farblosem Plasma und einem braunen oder grünbraunen, meist plattgedrücktem Chromatophor bestehen (Fig. 20). Sobald man die Schwärmer unter Wasser bringt, streben sie dem Lichte und gleichzeitig dem Wasserspiegel zu, durchbohren ihn, wie wenn er eine feste Haut wäre, bis sie dem Wasserspiegel ganz aufsitzen. Tausende solcher Zellen ruhen auf der Wasseroberfläche, und wenn sie einige Zeit einseitiger Beleuchtung ausgesetzt waren, so zeigt die Wasseroberfläche, wofern man von der Fensterseite gegen sie blickt, einen prachtvollen Goldschimmer. Blickt man hingegen von oben senkrecht auf den Wasserspiegel nach abwärts, so erscheint der Belag ohne Glanz und nahezu farblos. Je kleiner der Winkel wird, unter dem man vom Fenster aus auf den Wasserspiegel blickt, desto stärker wird der Goldschimmer; er wird am stärksten, wenn man, das Auge knapp über dem Wasserspiegel

haltend, fast parallel zu diesem in der Richtung des Lichteinfalles beobachtet. Betrachtet man den Wasserspiegel von rückwärts, also von der Schattenseite aus, so verschwindet wie durch einen Zauber der Glanz und die Wasserfläche erscheint matt. Besonders überraschend wirkt das Experiment, falls man die den Goldschimmer zeigende Wasseroberfläche mit einem Holzstab in eine langsame drehende Bewegung setzt. Es dreht sich dann die Haut mit und diese zeigt nur bei einer bestimmten Lage, die der früheren, der einseitigen Beleuchtung ausgesetzten Ruhelage entspricht, den Goldschimmer.

Wie kommt nun der Goldglanz zustande? Dies kommt daher, weil die kugeligen Zellen der Goldalge die Eigentümlichkeit haben, ihren braungelben Farbstoffträger an die von der Lichtquelle abgewendeten Seite zu stellen, wie aus der beistehenden Fig. 20 erhellt. Denkt man sich nun auf diese wie eine bikonvexe Linse wirkende Zelle ein Bündel paralleler Lichtstrahlen ss in der Richtung des Pfeiles einfallen, so werden diese auf den Farbstoffträger konzentriert, so daß dieser hellbeleuchtet und das Licht wie von einem selbstleuchtenden Punkt zurückgeworfen wird.

Als ich im Jahre 1911 am Wörthersee in Reifnitz (Kärnten) weilte, habe ich in der Umgebung am Waldesrand einen großen Tümpel von etwa 300 qm gesehen, dessen Wasseroberfläche mit einem goldschimmernden Belag der Goldalge bedeckt war. Stand man vor dem Waldrand, so erglänzte der Wasserspiegel fast längs seiner ganzen Ausdehnung in einem wunderbaren Goldglanz. Begab man sich aber auf die Rückseite, in diesem Falle auf die Schattenseite, so war der Goldschimmer spurlos verschwunden. Die Alge kommt auch in Japan vor und wurde sogar an einem Orte, wo der Goldglanz ganz besonders schön zu sehen war, als Naturdenkmal erklärt und behördlich geschützt.

b)

Das Leuchtmoos.

Ein ebenso glänzendes Beispiel von schönem Lichtreflex bietet das Leuchtmoos, *Schistostega osmundacea*. Das Leuchten geht hier nicht von dem beblätterten Moosstämmchen, sondern von den Zellen seines Vorkeimes aus.

Das Leuchtmoos meidet das Kalkgebirge, liebt das Urgebirge und lebt im Dämmerlichte der Grotten, Felsspalten und Erdböschungen, wo es die feuchten Wände mit seinen Vorkeimen überkleidet. Steht man vor einer solchen Felsspalte, so erscheint bei

bestimmter Blickrichtung ein prächtiger goldgrüner Glanz, der von den linsenförmigen Vorkeimzellen ausgeht. Er kommt in derselben Weise zustande wie der Goldschimmer der Goldalge. Die in den Vorkeimzellen liegenden Chlorophyllkörner stellen sich bei einseitigem Lichteinfall stets an die Schattenseite und werfen das auf sie konzentrierte Licht zurück. Also auch hier handelt es sich nicht um ein Selbstleuchten, sondern um aufgefangenes und wieder zurückgeworfenes Licht. An manchen Orten des Böhmerwaldes läßt sich die scheinbare Lichtentwicklung des Leuchtmooses in solcher Schönheit beobachten, daß man sogar daraus ein Geschäft macht und die Erscheinung nur nach Bezahlung eines Eintrittsgeldes sehen läßt. Auch in der Nähe von Prag, im Scharkatal, ferner in Kärnten, in unmittelbarer Nähe von Millstatt und in Japan bei Nikko konnte ich das Lichtphänomen des Leuchtmooses beobachten.

c)

Leuchtendes Holz.

Nun schreiten wir zu Beobachtungen und Versuchen, die uns mit einer wirklichen Lichtentwicklung von Pflanzen bekannt machen. Selbstleuchtende Pflanzen finden sich, wenn wir von den an der Grenze zwischen Pflanzen- und Tierreich stehenden Meeresperidineen absehen, nur in der Reihe der Pilze.

In den Tropen kennt man mehrere Arten, die leuchten. Es sind meist Hutpilze. Im gemäßigten Klima Europas gibt es nur wenige Leuchtpilze, die bekanntesten davon sind der Ölpilz, *Agaricus olearius*, der als Speisepilz sehr geschätzte Hallimasch, *Agaricus melleus* und *Mycaena tintinnabulum*. Wenn man eine Umfrage halten würde, wieviele Menschen vom Hundert leuchtendes Holz in der Natur gesehen haben, so würde sich nur eine verhältnismäßig geringe Zahl dazu bekennen. Die meisten Menschen gehen nicht gerne im finsternen Walde spazieren und so bleibt es gewöhnlich dem Zufall überlassen, bis endlich jemand auf leuchtendes Holz stößt. Man hat infolgedessen leuchtendes Holz für eine große Seltenheit gehalten, aber nicht mit Recht, denn es gelingt ziemlich leicht, sich solches Holz zu verschaffen. Wie denn? Man trete in einen Holzschlag eines Waldes, wo seit längerer Zeit im Boden festsitzende Baumstümpfe der Föhre, Fichte und Eiche einer langsamen Zersetzung entgegengehen. Sodann versuche man die Rinde von dem Baumstumpf mit der Metallspitze eines Spazierstockes

abzuheben. Sieht man auf dem nackt zutage liegenden Holze schwarze Adern oder verzweigte schwarze Stränge, so ist es sehr wahrscheinlich, daß man leuchtendes Holz vor sich hat. Zuerst sammle man die schwarzen Stränge für sich, lege sie zwischen feuchtes Papier oder in eine Büchse und beobachte in der Nacht mit wohl ausgeruhtem Auge. Dann wird man in vielen Fällen namentlich die jungen, noch weißlichen Spitzen der schwarzen Stränge

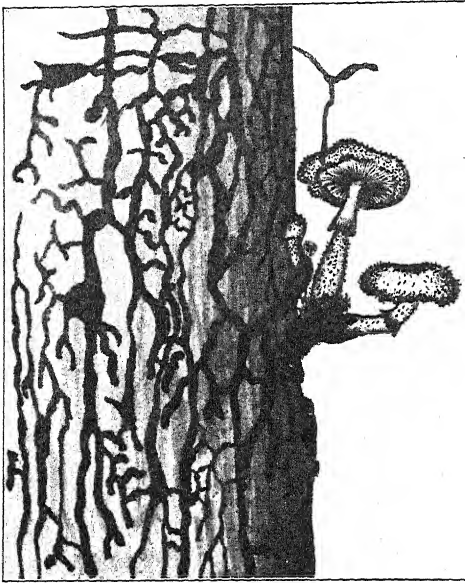


Fig. 21. Buchenholzstück mit schwarzen Rhizomorpha-Strängen und den daraus entspringenden Fruchtkörpern von *Agaricus melleus*. Original.

im Finstern leuchten sehen. Die Stränge sind das Dauermyzel des schon genannten Hallimasch, aus dem, so bald genügend Reservestoffe aufgestapelt sind, die nicht leuchtenden Fruchtkörper hervorkommen (Fig. 21).

Sammelt man Späne von solchem Holze, auf dem die schwarzen Stränge wachsen, von mehreren Stümpfen, so wird man gar nicht selten in der Nacht an den Spänen Licht bemerken. Aber niemals leuchtet das Holz selbst, sondern stets nur der das Holz durchwuchernde Pilz, in den meisten Fällen, das Myzel des Hallimasch.

Es gibt noch ein anderes Myzel, das ich aus dem Holze der Eiche herausgezüchtet habe, das aber, obwohl ich es mehr als 25 Jahre auf Brot in Reinkultur zog, niemals Fruchtkörper hervorbrachte, weshalb ich ihm der Kürze wegen den Namen *Myzelium x* gab.

Diese zwei Pilze, der Hallimasch und das *Myzelium x* rufen gewöhnlich das Leuchten des Holzes in Europa hervor*).

*) Gelegentlich meines Aufenthaltes auf Java lernte ich einen Hutpilz, *Mycaena illuminans*, kennen, der im Finstern wie ein kleines Lämpchen auf 40 Schritte leuchtete. Vor kurzem hat mein Schüler, Herr Dr. Friedrich Bothe, in der Nähe von Braunschweig in der einheimischen *Mycaena tintinnabulum* Fries einen Hutpilz entdeckt, dessen Myzelium leuchtet. Er tritt ziemlich spät im Jahre, im November bis Januar, büschelweise auf alten Laubholzstümpfen auf. Da er

d)

Leuchtende Blätter.

Zuerst fand ich leuchtende verwesende Blätter in den Tropen, in dem herrlichen botanischen Garten von Buitenzorg auf Java. Es waren die schon abgestorbenen, am Boden liegenden gelb und strohig gewordenen Blätter von *Bambusa*, ferner die von *Nephelium* und *Aglaia*.

Mit meinen tropischen Erfahrungen ausgerüstet, suchte ich dann nach meiner Rückkehr auch in Europa nach lichtentwickelnden Blättern, zuerst vergebens, aber nach längerem Suchen mit großem Erfolge. — Will man leuchtende Blätter finden, so suche man in einem Buchen- oder Eichenwalde eine Stelle, wo die im Herbst des vorigen Jahres abgefallenen Blätter dicht übereinander liegen. Die obersten Blätter sind braun, gewöhnlich trocken und noch gut erhalten. Sie leuchten nicht. Tiefer ist die Zersetzung des feuchten Laubes schon mehr vorgeschritten, die Blätter erscheinen hier braun-weißlich und gelblich gefleckt, netzartig durchbrochen und mehr oder minder zerfasert.

Sammelt man solche gescheckte Blätter, wie sie Fig. 22 zeigt, in feuchtem Zustande, legt sie zwischen feuchtes Papier zu Hause in eine verschließbare Glasschale oder zwischen zwei übereinander gestülpte Suppenteller und beobachtet in der Nacht mit ausgeruhtem Auge, dann wird man an zahlreichen Blättern ein mildes, weißliches Licht ausstrahlen sehen. Die Entwicklung von Licht kann mehrere Tage im Finstern beobachtet werden. Aber stets nur, wenn das Auge ausgeruht ist, d. h. vorher längere Zeit



Fig. 22. Ein verwesendes Blatt der Buche, *Fagus silvatica*. Hauptsächlich die hellen, in Wirklichkeit weißlichgelben Stellen leuchten. Original.

auch im Lainzer Tiergarten bei Wien gefunden wurde, dürfte er aller Wahrscheinlichkeit nach in Europa eine größere Verbreitung genießen.

$\frac{1}{2}$ Stunde oder mehr im Finstern verweilte. Das menschliche Auge besitzt je nach Umständen verschiedene Lichtempfindlichkeit. Tritt ein Mensch, geblendet vom Tageslicht, in eine Dunkelkammer, so empfindet er kleine Helligkeiten nicht. Er gleicht einem Blinden. Hat er sich aber längere Zeit im Finstern aufgehalten oder hat er stundenlang geschlafen, dann empfindet das Auge die geringsten Helligkeiten und dann ist es auch in hohem Grade befähigt, das an und für sich schwache Licht der lichtentwickelnden Blätter wahrzunehmen.

Einmal damit vertraut, in welchem Zustande und unter welchen Verhältnissen Blätter sein müssen, wenn sie Licht entwickeln sollen, erhält man nach und nach sozusagen einen Blick für leuchtendes Laub. Man kann dann mit großer Wahrscheinlichkeit bei einem Spaziergange im Walde leuchtendes Laub sammeln und nach Hause bringen.

Ähnlich wie die verwesenden Buchenblätter verhalten sich auch die der Eiche (*Quercus*), der Hainbuche (*Carpinus*) und des Ahorns (*Acer*).

Leuchtende Blätter habe ich in den Tropen auf Java, in Japan, in Indien, im Himalajagebiet und an verschiedenen Punkten Europas, in den Wäldern Tirols, Böhmens, Niederösterreichs und Deutschlands gefunden. Es ist also eine weit verbreitete Erscheinung.

Man kann sagen, daß in einem Eichen- oder Buchenwalde ein nicht geringer Bruchteil des abgefallenen verwesenden Laubes sich im Zustande des Leuchtens befindet und den Waldboden bestrahlt. Auch hier ist es nicht das in Zersetzung befindliche Laub, sondern ein das Blatt durchsetzender und darin lebender Pilz, der das Licht erzeugt. Welcher Pilz dies ist, wissen wir derzeit nicht. Vielleicht das Myzel des *Hallimasch*, das *Myzelium x* oder das einer *Mycaena*?

D. Wachstum.

a)

Schnelligkeit.

Gewöhnlich wachsen Pflanzen so langsam, daß man davon nur durch Beobachtung in längeren Zeiträumen, z. B. von Stunde zu Stunde oder von Tag zu Tag etwas davon bemerkt.

Doch es gibt Fälle, wo man „das Gras förmlich wachsen sieht“. Dafür ein Beispiel.

Wenn man an einem blühenden Weizen- oder Roggenfeld vorübergeht, eine Ähre abpflückt und zwischen Daumen und Zeigefinger mehrmals durchzieht, bis alle herabhängenden Staubfäden und Staubbeutel entfernt sind und dann etwa 5—10 Minuten wartet, so kann man beobachten, wie in dieser Zeit sich neue Staubbeutel samt den Staubfäden aus den Ährchen hervorschieben — ein Beweis, wie rasch das Wachstum der Staubfäden erfolgt.

Askenasy untersuchte die rasche Verlängerung der Filamente. Wurden bei zum Aufblühen reifen Grasblüten die beiden Spelzen auseinander gebogen, so kann man das Auswachsen der Staubfäden bis zu ihrer vollständigen Länge veranlassen. Wird der Fruchtknoten mit den an seiner Basis befestigten Staubgefäßen auf einen Millimeterstab gebracht, so läßt sich das Längenwachstum messen. Es ist ein auffallend rasches, zumeist über 1 mm in der Minute, manchmal sogar 1.5 mm. Schon in 10 Minuten wächst der Staubfaden auf das Drei- bis Vierfache seiner ursprünglichen Länge heran. Das Wasser für diese rasche Verlängerung entnimmt er aus der Anthere.

Es gibt noch einige andere Beispiele raschen Wachstums. So verlängern sich in einer Minute die Blattscheide der Banane, *Musa*, um 1.1 mm und junge Bambusasprosse um 0.6 mm. Doch dies sind Ausnahmen, denn gewöhnlich vollzieht sich das Wachstum äußerst langsam; Zuwächse von 0.005 bis fast 0 mm pro Minute bilden die Regel.

Lokalisation. Einem wachsenden Stengel, Blatt oder einer Wurzel sieht man es nicht ohne weiteres an, ob das Längenwachstum gleichmäßig über das Organ verteilt oder nur auf eine bestimmte Zone begrenzt ist. Dies läßt sich aber leicht durch folgende Methode entscheiden.

Wir wählen dazu zunächst einen Keimstengel der Bohne und tragen mit einem feingespitzten Hölzchen Tuschepunkte in gleichen Abständen von 1 mm von unten bis oben auf (Fig. 23). Nach 1—2 Tagen rücken die Tuschepunkte auseinander, aber nicht überall, sondern hauptsächlich unter der Knospenspitze, jedoch nicht an der Basis. Das Wachstum vollzieht sich nur in einer bestimmten Zone; diese ist in Streckung begriffen,

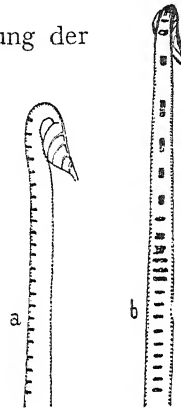


Fig. 23. Keimlinge von *Phaseolus multiflorus*. Veranschaulichung der wachsenden Zone. *a* Stengel mit Tusche in gleichen Abständen markiert. *b* Derselbe Stengel nach 24 Stunden. Die Marken sind in einer gewissen Entfernung unter der Knospenspitze am stärksten verschoben, weil hier das stärkste Längenwachstum stattfindet. Original.

der basale Teil hingegen ist schon ausgewachsen und verlängert sich nicht mehr. Die oberste Spitze befindet sich noch in einem embryonalen Zustand, verlängert sich zunächst noch nicht, wird aber bald in die Streckung eintreten.

Eine solche Beschränkung auf eine bestimmte engere Zone läßt sich auch bei der wachsenden Keimwurzel durch Markierung mit Tuschepunkten feststellen. Der Versuch ergibt hier, daß die wachsende Region knapp hinter der Wurzelspitze liegt und meist nur $\frac{1}{2}$ —1 cm beträgt. Der dahinter liegende Teil erscheint bereits ausgewachsen; daher erfolgt hier kein Auseinanderweichen der Tuschepunkte mehr (Fig. 24).

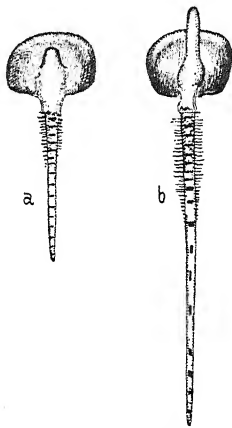


Fig. 24. Keimlinge von *Zea mais*. Veranschaulichung der wachsenden Zone. *a* Wurzel mit Tusche in gleichen Abständen markiert. *b* Dieselbe Wurzel nach 24 Stunden. Die Marken sind hinter der Spitze stark verschoben, weil hier das stärkste Längenwachstum erfolgt. Original.

Der Versuch mit der Wurzel muß im dunstgesättigten Raume, z. B. unter einem mit Wasser abgesperrtem großem Trinkglas ablaufen, weil die Wurzel sonst welkt und nicht wächst.

Ähnliche Versuche lassen sich noch mit verschiedenen anderen Pflanzen, mit Buchweizen, der Sonnenrose, Roggen u. a. ausführen.

b)

Licht und Wachstum.

Das Licht kann indirekt und direkt auf das Wachstum einwirken. Das Licht ermöglicht es der Kartoffelpflanze, Kohlensäure zu assimilieren, Stärke zu bilden und im Knollen zu speichern, wo sie als Reservestoff und später für die Keimung dient. Hier wirkt das Licht indirekt auf das Wachstum.

Das Licht kann aber auch direkt das Wachstum beeinflussen, z. B. bei der Keimung des Mistelsamens, *Viscum album*. Die Mistel ist ein Schmarotzer, lebt auf verschiedenen Bäumen, dem Ahorn, dem Apfel, der Föhre, der Tanne u. a. Dieser Schmarotzer bringt weiße Beeren hervor, in deren klebrigem Fruchtfleisch sich je ein Same befindet. Es kommt nicht selten vor, daß der Same nicht einen, sondern zwei, ja manchmal sogar drei Embryonen enthält.

Wenn man im Monate März oder April die Samen auf Zweige des Apfelbaumes oder des Oleanders auflegt, so keimen sie nach einiger Zeit, das Hypokotyl wächst, weil negativ heliotropisch,

stets auf die Rinde zu, so daß die Saugwarze innig auf die Rinde zu liegen kommt.

Es ist aber durchaus nicht nötig, die Samen auf lebende Zweige zu bringen, denn sie keimen auch auf einer toten Unterlage, auf Glas, auf Holz oder Kork. Klebt man Anfang April die Samen auf einem Holzbrettchen auf, benetzt sie alle 3 Tage mit Wasser und stellt es ins Licht, so keimen sie. Wird aber das Brettchen mit den Samen ins Finstere gestellt, so keimen sie unter sonst gleichen Umständen nicht. Hier liegt ein Beispiel vor, in dem das Licht das Wachstum, die Keimung beruht ja auf Wachstum, direkt beeinflußt.

Man hat früher die Abhängigkeit der Keimung vom Lichte als einen Ausnahmefall betrachtet, heute aber weiß man, daß Samen, die nur im Lichte keimen, eine gar nicht seltene Erscheinung sind. Es sei nur erinnert an die Samen der Gesneriaceen, an *Veronica peregrina*, *Allium*-Arten, *Nicotiana tabacum*, *Lythrum* u. a. Merkwürdig ist, daß manche Samen im Lichte nicht keimen, wie die vom Schwarzkümmel, *Nigella arvensis*. Demgemäß unterscheidet man Licht- und Dunkelkeimer.

Im folgenden soll von dem eigentümlichen Verhalten von Pflanzen die Rede sein, die im Finstern aufwachsen, von dem

c)

Etiollement oder der Vergeilung.

Pflanzen, die unter normalen Verhältnissen grün sind, bilden in der Regel ihren Chlorophyllfarbstoff nur im Lichte aus. Bei Abschluß von Licht erscheinen die sonst grünen Blätter gelb und klein, die Stengel fast weiß und meist überverlängert. Dieses merkwürdige Aussehen von im Finstern gezogenen Pflanzen wird als Etiollement oder Vergeilung bezeichnet (Fig. 25). Keimlinge, die zunächst von der Ackerscholle oder von abgefallenem Waldlaub bedeckt sind, lassen die Vergeilung sehr deutlich erkennen, weil sie hier gezwungen sind, sich bei Lichtabschluß zu entwickeln. Namentlich im Walde kann man, wofern man im Frühjahr das am

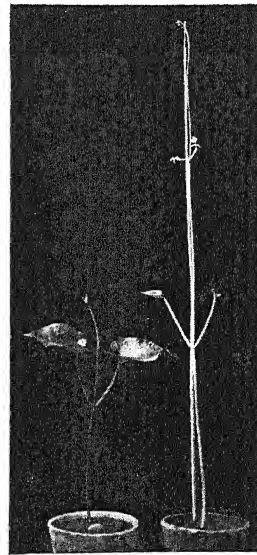


Fig. 25. Etiollement der Bohne, *Phaseolus multiflorus*. Links eine normale, im Lichte erzogene, rechts eine im Finstern gehaltene, etiolierte Pflanze. Beide gleich alt und unter sonst gleichen Bedingungen gezogen. Original.

Boden liegende Laub entfernt, leicht zahlreiche junge Pflänzchen in etioliertem Zustande auffinden.

Um sich das typische Bild des Etiolement zu verschaffen, kultiviere man Kartoffeln, die eben auszutreiben beginnen, im Lichte und im Finstern. Die Lichtpflanze erscheint gedrunken, mit großen, grünen Blättern, während die Finsterpflanze weiße, überverlängerte Stengel mit kleinen gelben Blättern entwickelt. Dieses Aussehen etiolierter Kartoffeltriebe kann auch leicht und besonders deutlich an im finstern Keller austreibenden Kartoffeln beobachtet werden.

Bei einer Wanderung durch einen Gemüsegarten wird der Beobachter auch eine praktische Verwendung der Vergeilung der Pflanze bemerken können. Im Frühjahr, wenn die Spargelsprosse eben die Erde zu durchbrechen beginnen, bedeckt sie der Gärtner mit einer Tonglocke, um die Sprosse vergeilen zu machen. Sie werden im Finstern lang, bleich und so weich und zart, daß man sie gekocht ganz verzehren kann.

Oder man betrachte den Kopfsalat, *Lactuca sativa* v. *capitata*, eine Rasse, ausgezeichnet dadurch, daß die Blätter sich übereinanderlegen und zum festen Kopfe (Häuptel) zusammenschließen. Die das Häuptel bildenden Blätter beschatten sich gegenseitig, etiolieren und bleiben bleich und zart. Hier tritt uns ein Beispiel entgegen, wo durch Züchtung einer bestimmten Rasse die Pflanze das Etiolement an ihren Blättern selbst vollzieht.

Ähnliches sehen wir beim Kopfkohl, *Brassica oleracea* v. *capitata*, und den verschiedenen Sorten des Krautes. Auch hier schließen sich die Blätter zu einem Kopf zusammen, der dadurch entsteht, daß die Blätter sich dicht übereinander legen. So gelagert, beschatten sie sich gegenseitig und bleiben daher zart und bleich, Eigenschaften, die dem Menschen erwünscht sind, für die Pflanze aber eine unerwünschte Einrichtung bedeuten.

E. Gewebespannung.

Die Zellen, die eine Wurzel, einen Stamm oder ein Blatt aufbauen, sind von verschiedener Art, verschieden in der Größe, Gestalt, im Turgor, der Wanddicke, in der Elastizität usw. Da sie aber miteinander in festem Verbande stehen und sich zu Geweben zusammenschließen und nicht gleich stark wachsen, so muß es in den Organen zwischen den Geweben zu Spannungen kommen, die passend als Gewebespannungen bezeichnet werden. Wir können Längs- und Querspannung unterscheiden.

Längsspannung. Um diese zu veranschaulichen, wählen wir einen jungen, noch wachsenden Stengel der Sonnenrose, bezeichnen eine bestimmte Länge mit zwei Tuschepunkten, lösen von dieser vorsichtig einen Epidermisstreifen und messen ihn sofort ab. Es zeigt sich, daß er sich nach der Ablösung verkürzt hat. Die Verkürzung kann $\frac{1}{2}$ —4% betragen.

Isolieren wir von einem Stengelglied, dessen Länge vorher genau bestimmt wurde, Epidermis, Holz und Mark, so läßt sich leicht feststellen, daß sich die Epidermis verkürzt, das Mark sich verlängert, das Holz aber seine ursprüngliche Länge fast beibehält. Es war daher die Oberhaut im Zug und das Mark im Druck gespannt. Junge Internodien vom Holunder und anderen Pflanzen mit stark entwickeltem Mark lassen dasselbe erkennen.

Wenn man den Blütenschaft vom Löwenzahn, *Taraxacum officinale*, abschneidet und an seinem unteren Ende durch einen Kreuzschnitt bis zu einer ziemlichen Höhe hinauf in vier Streifen zerlegt, so krümmen sie sich, besonders wenn man den Schaft jetzt ins Wasser bringt, rasch in der Weise, daß die Markseite konvex und die Epidermisseite konkav wird (Fig. 26). Auch daraus kann man ersehen, daß die Oberhaut im Zug und das Mark im Druck gespannt war. Die Krümmung des Streifens kann bis zu mehreren Spiralumläufen gehen und erfolgt so rasch, daß man die Bewegung des Streifenendes mit freiem Auge verfolgen kann. Auch mit vielen anderen Pflanzen läßt sich dieser Versuch mit Erfolg ausführen, z. B. mit den Blattstielen von Primeln (*Primula sinensis* und *Pr. obconica*), Huflattich, *Tussilago farfara*, Rhabarber, Rheum-Arten, der Pestwurz, *Petasites officinalis* u. a.

Querspannung läßt sich leicht veranschaulichen, wenn man an einem Zweig eines Baumes die Rinde in Form eines Ringes ablöst, ihn einseitig aufschneidet und dann sofort wieder an seinen früheren Ort bringt. Man bemerkt dann, daß der Ring sich nicht mehr vollends schließt, sondern klafft.

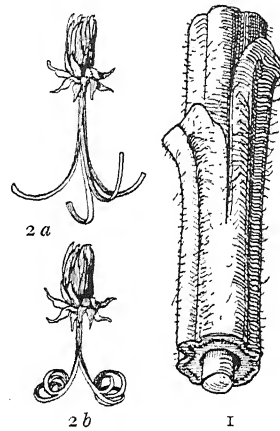


Fig. 26. Längsspannung. 1. Sproß von *Helianthus annuus* nach Entfernung der Blätter; Mark mit dem Korkbohrer von der Peripherie getrennt, verlängert sich. 2. Blütenstand von *Taraxacum*. Stiel der Länge nach übers Kreuz gespalten. a sofort nach dem Spalten, b nach Einlegen in Wasser. Nach Jost.

Die beiden Enden kommen nicht mehr in Berührung, sondern lassen einen Zwischenraum zwischen sich. Sie klaffen. Die Rinde ist also nicht nur längs-, sondern auch quergespannt. Die Quer- oder Tangentialspannung erreicht namentlich zur Zeit, wenn das Dickenwachstum im Gange ist, besonders hohe Werte, sie betragen 1—4%.

Spannungsverschiedenheiten geben sich durch eine wellige Oberfläche bei quer durchschnittenen Grasknoten, Phaseolus- und anderen Gelenken zu erkennen, weil der zentrale Holzzylinder negativ und das herumliegende Gewebe positiv gespannt ist. Der Querschnitt des Gelenkes bildet also eine Delle.

Die Gewebespannung kann in manchen Fällen einen so hohen Grad erreichen, daß es sogar zu Zerreißen der Gewebe oder Organe kommen kann. Wenn nach einer längeren Trockenzeit Früchte der Kirsche oder des Weinstockes wasserarm werden und dann bei anhaltendem Regen Wasser in großen Mengen rasch aufnehmen, wird der Turgor vermehrt und das Wachstum so begünstigt, daß sie platzen.

Auch die knolligen Anschwellungen des Stengels über der Wurzel des Kohlrabi (*Brassica oleracea* var. *gongyloides*) reißen bei starker plötzlicher Wasserzufuhr auf; die dazu nötige, von der Gewebespannung gelieferte Energie muß eine sehr große sein.

Die sogenannten Frostspalten der Bäume sind gleichfalls die Folge von überaus starker Gewebespannung. Wenn es im Winter zu bedeutender Temperaturerniedrigung kommt, so reißt die Rinde des Baumes unter einem heftigen Knall auf; es bildet sich ein längs verlaufender Frostspalt. An alten Roßkastanien, Ulmen und Pappeln findet man sie besonders häufig.

Der Frostspalt durchsetzt den Holzkörper in Form eines radial verlaufenden Spaltes. Dieser kommt nach Caspary dadurch zustande, daß sich infolge der Kälte das Holz tangential stärker zusammenzieht als radiär. Bei Eintritt von Tauwetter schließt sich der Spalt, öffnet sich aber bei starkem Frost wieder. Während des Sommers tritt eine Ausheilung der Spaltwunde ein, es bildet sich eine nach außen vorspringende Frostleiste, die nicht selten lokales Bluten erkennen läßt.

F. Die Ruheperiode¹⁸⁾.

In den Tropen gibt es Pflanzen, die unausgesetzt wachsen, ohne eine bestimmte Ruhezeit einzuschalten. Auch im heimischen Klima würden manche Pflanzen beständig wachsen, wenn nicht der

Winter mit seiner niederen Temperatur dem Wachstum Einhalt tun würde. Bei vielen Gewächsen aber hat im Laufe vieler Jahrtausende der scharfe Gegensatz der Jahreszeiten insbesondere der zwischen der warmen und kalten Jahreszeit, Zustände hervorgerufen, die sich in einer mehr oder minder langen Ruhezeit äußern. In dieser Zeit treiben die Pflanzen selbst unter günstigen Bedingungen nicht. Eine erntereife Kartoffelknolle im September dem Boden entnommen und sogleich unter die günstigsten Wachstumsbedingungen gebracht, keimt nicht und erst nach einiger Zeit der Ruhe beginnen die Augen zu treiben.

Ein Linden- oder Buchenzweig Ende Oktober nach dem Laubfall abgeschnitten, in ein Glas Wasser gestellt und dann im warmen Zimmer oder Gewächshaus untergebracht, bleibt unverändert; erst wenn dieser Versuch im Januar oder Februar wiederholt wird, erfolgt das Austreiben der Knospen. —

Kirschbaumzweige gleich nach dem Blattfall, also etwa Mitte Oktober, abgeschnitten, in ein Glas Wasser gestellt und im warmen Zimmer untergebracht, öffnen ihre Blütenknospen nicht. Wenn sie aber um Barbara herum, d. h. am 4. Dezember demselben Versuch unterworfen werden, dann rechnet man damit, daß sie um Weihnacht ihre Blüten öffnen und, wenn dies zutrifft, dann hoffen abergläubische Mädchen und Frauen bestimmt, daß ihre geheimsten Herzenswünsche in Erfüllung gehen werden.

Mit anderen Worten: Viele Gewächse schließen im heimischen Klima ihre Vegetationszeit zumeist im Herbste ab, ruhen einige Zeit und erst nachdem sie diese Ruheperiode durchgemacht haben, vermögen sie wieder zu wachsen. Diese Ruhe ist eine freiwillige, denn selbst wenn solche Pflanzen zur Zeit der Ruhe unter die günstigsten Wachstumsbedingungen gebracht werden, treiben sie nicht. Es gibt aber auch eine unfreiwillige Ruhe. Ist die freiwillige Ruhe ausgeklungen und verbleibt die Pflanze in niederer Temperatur, bei der Wachstum nicht oder kaum stattfindet, so unterbleibt auch das Treiben der Knospen, tritt aber sofort ein, sobald die Pflanze an einen warmen Ort gebracht wird.

Ein Fliederbäumchen, in einen Eiskeller oder in einen Kühlraum von etwa $+2^{\circ}\text{C}$ gestellt, treibt nicht und es kann ein Jahr darin verbleiben, ohne zu treiben. Ein solches Bäumchen befindet sich eben in unfreiwilliger Ruhe, seine Ruheperiode ist schon längst

ausgeklungen, aber es ist wegen der niederen Temperatur gezwungen in der unfreiwilligen Ruhe zu verharren. Diese wird mit Übertragung des Bäumchens in einen warmen Raum sofort aufgehoben, worauf die Knospen rasch austreiben.

Aufhebung der Ruheperiode. Nach einem sehr trockenen Sommer fallen die Blätter früher ab, die Knospen und das Holz werden früher reif, ja unter solchen Umständen kommt es gar nicht selten vor, daß Roßkastanien im Herbste nochmals austreiben und Apfelbäume ein zweites Mal blühen.

Man kann sogar durch ein einfaches Experiment die noch sehr jungen Knospen eines Baumes oder Strauches, die unter normalen Verhältnissen erst im nächsten Frühjahr ausgetrieben hätten, zwingen, schon im Jahre ihrer Entstehung auszutreiben.

Ich möchte folgende Versuche mit Flieder (*Syringa vulgaris*) zur Wiederholung empfehlen.

Ein mannshoher, etwa 1 m breiter Strauch wurde am 27. Mai 1908 vollends entblättert. Die Zweige hatten ihre Knospen mit Ausnahme einiger Endknospen bereits angelegt; die Knospen waren aber selbstverständlich zu dieser Zeit noch nicht vollkommen fertig ausgebildet. Gleichzeitig wurden bei einem daneben stehenden Fliederstrauch von annähernd derselben Größe, ein etwa 40 cm langes und 23 cm breites Zweigsystem gleichfalls entblättert, während der übrige Teil des Strauches unversehrt blieb. Das weitere Verhalten der beiden Versuchspflanzen ergibt sich aus der Tabelle.

1. Versuch.

| Zeit | Syringa-Strauch, völlig entblättert | Syringa-Strauch, nur ein Zweigsystem entblättert |
|----------|---|--|
| 5. Juni | Die Knospen schwellen, je näher der Spitze, desto mehr | Knospen unverändert |
| 9. Juni | Die Knospen treiben | Wie am 5. Juni |
| 16. Juni | Die Knospen haben sich bereits zu 3—5 cm langen beblätterten Trieben entwickelt | Wie am 5. Juni |
| 22. Juni | Wie am 16. Juni | Die Endknospen beginnen zu treiben |
| 27. Juni | Der Strauch ist wieder ganz beblättert. Die neuen Sprosse sind bis 7 cm lang | Die Triebe der Endknospe sind 2 cm lang. Die anderen Knospen treiben nicht |

2. Versuch. Die Entblätterung wurde am 16. Juni vorgenommen.

| Zeit | Syringa-Strauch, völlig entblättert | Syringa-Strauch, nur ein Zweigsystem entblättert |
|-----------|--|---|
| 22. Juni | Die Knospen beginnen zu schwellen | Knospen unverändert |
| 27. Juni | Triebe schon 2 cm lang | Knospen unverändert |
| 13. Juli | Strauch wieder ganz belaubt | Knospen unverändert |
| 16. Sept. | Die Triebe sind im Vergleich zu anderen nicht entblätterten Sträuchern sehr kurz, die Blätter klein, hellgrün. Ent- wickelt haben sich meist höher stehende Knospen | Nur wenige Endknospen haben getrieben, die übrigen, nicht ausgetriebenen sind kleiner als die an nicht entlaubten Zweigen |

3. Versuch. Die Entblätterung wurde vorgenommen am 1. Juli 1908.

| Zeit | Syringa-Strauch, völlig entblättert | Syringa-Strauch, nur ein Zweigsystem entblättert |
|-----------|--|---|
| 13. Juli | Knospen beginnen zu schwellen oder zu treiben | Knospen unverändert |
| 16. Sept. | Strauch ganz belaubt | Knospen treiben nicht |

4. Versuch. Die Entblätterung wurde vorgenommen am 15. Juli.

| Zeit | Syringa-Strauch, völlig entblättert | Syringa-Strauch, nur ein Zweigsystem entblättert |
|-----------|--|---|
| 16. Sept. | Die meisten Knospen haben nicht getrieben. Nur oben am Strauch haben sich einige wenige Triebe entwickelt, zu- meist aus Terminalknospen | Keine einzige Knospe hat sich entwickelt |

5. Versuch. Dasselbe Experiment, am 1. Aug. eingeleitet, ergab dasselbe Resultat wie Versuch 4.

6. Versuch. Eingeleitet am 15. Aug. Nun trat auch beim völlig entlaubten Strauche kein Austreiben der Knospen mehr ein.

Derartige Versuche wurden auch mit 2—3 m hohen Hainbuchen (*Carpinus betulus*) gemacht. Die am 5. Juni entblätterten belaubten sich wieder, aber die am 1. Juli von den Blättern befreiten trieben fast gar nicht und die am 1., 15. Aug. und am 1. Sept. entblätterten überhaupt nicht.

Die Entblätterungsversuche mit Flieder ergaben, daß von Ende Mai bis 1. Juli vollends entlaubte Sträucher wieder austreiben und sich reichlich, wenn auch mit kleineren Blättern, wiederbelauben, daß aber vom halben Juli das Treiben fast ganz und vom 1. Aug. schon ganz unterbleibt.

Werden nur einzelne 20—30 bis 100 cm lange Äste entblättert, während die übrige Hauptmenge der Äste belaubt bleibt, so findet, wenn die Entlaubung Ende Mai durchgeführt wird, ein Wiederaustreiben der inzwischen schon angelegten Winterknospen statt. Das Austreiben erfolgt im allgemeinen langsamer als bei völlig entlaubten Sträuchern, aber schon eine Entblätterung um Mitte Juni bewirkt kein oder fast kein Austreiben mehr. Solche Knospen werden weiter ernährt, erreichen aber im Herbst nicht die Größe von solchen an nicht entlaubten Zweigen. Auch die Versuche mit der Hainbuche ergaben volle Belaubung, wenn die Entblätterung früh, d. h. Ende Mai bis Anfang Juni vorgenommen wird, später aber nicht mehr.

Die Tatsache, daß Bäume, wenn sie relativ früh im Jahre ihres Laubes beraubt werden, sich rasch anschicken, neues Laub zu bilden, muß als eine sehr zweckmäßige Einrichtung bezeichnet werden. Die Pflanze schafft sich mit der raschen Bildung einer neuen Assimilationsfläche die Möglichkeit, den Schaden wieder wenigstens teilweise gut zu machen. Allein sie tut dies nur, wenn ihr noch die Aussicht winkt, die neugebildeten Triebe mit ihren Knospen ausreifen zu können, später aber nicht mehr. Es ist dies ein wunderbares Beispiel für die zweckmäßig erfolgende Selbstregulation im Lebewesen.

Warmbad und Ruheperiode²⁹⁾. In der Treiberei der Pflanzen hat man in den letzten Jahrzehnten große Fortschritte gemacht. Man hat verschiedene Mittel gefunden, mit denen es gelingt, die Ruheperiode der Pflanze aufzuheben. Hier soll nur ein Mittel durch einen leicht anzustellenden Versuch veranschaulicht werden, ich meine das Warmbad. Über andere findet der Leser eine Übersicht in meinem Buche: „Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei“, 6. Aufl., p. 198, Jena 1930.

Die Warmbadmethode besteht im wesentlichen darin, daß man die in Ruhe befindlichen Zweige durch etwa 12 Stunden in einem Wasser von etwa 30—35 ° C untergetaucht läßt, dann herausnimmt

und im warmen Zimmer oder warmen Gewächshaus weiter kultiviert. Der Erfolg des Warmbades ist bei Flieder, Haselnuß, der Weide und vielen anderen Holzgewächsen ein überraschender. Die gebadeten Zweige treiben alsbald aus, während die ungebadeten Kontrollzweige, obwohl unter denselben Versuchsbedingungen stehend, noch längere Zeit in der Ruhe verharren. Es wird nicht schwer fallen, einen Kübel Wasser von 35°C beiläufig auf dieser Temperatur über die Nacht zu erhalten, wenn er mit Tüchern umhüllt und bedeckt wird. In dieses Wasser tauche man die Zweige ein und nehme sie nach etwa 12 Stunden heraus. Am besten gelingen die Versuche mit Flieder, Haselnuß und Forsythia im November.

Auffallend erscheint, daß das Warmbad nur lokal wirkt, wie aus der Fig. 27 zu ersehen ist. Das abgebildete, mit männlichen Kätzchen versehene Zweigsystem wurde nur halbseitig gebadet und dementsprechend haben sich nur die Kätzchen auf der rechten Seite entwickelt, die ungebadeten auf der linken blieben vorläufig noch in Ruhe.

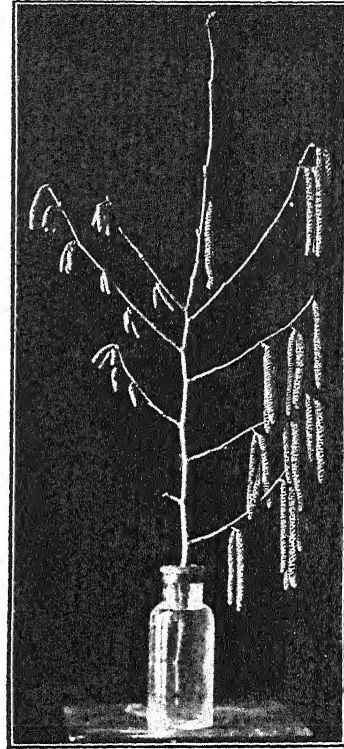


Fig. 27. *Corylus avellana* (Haselnuß). Die Photographie zeigt den lokalen Einfluß des Bades. Die rechte Hälfte des Zweigsystems wurde gebadet und steht 9 Tage nach dem Bade in voller Blüte, während die nicht gebadete Kontrollhälfte noch unverändert erscheint. Original.

G. Bewegungen.

In früherer Zeit suchte man nach Unterschieden zwischen Pflanze und Tier. Man dachte, die Pflanze unterscheide sich vom Tier durch den Besitz des grünen Farbstoffes, des Chlorophylls. Ein solcher Unterschied besteht aber nicht, denn es gibt zahlreiche Pflanzen, niedere (Pilze) und höhere (die Schuppenwurz, *Lathraea squamaria*, den Fichtenspargel *Monotropa hypopitys*, den blattlosen Widerbart *Epipogium aphyllum* u. a.), die vollständig frei von Chlorophyll sind.

Auch glaubte man einen Unterschied in der Atmung gefunden zu haben. Das Tier sollte Sauerstoff ein- und Kohlensäure ausatmen und die Pflanze sollte es gerade umgekehrt machen. Diese irrige Auffassung beruhte auf einer Verwechslung der Atmung mit der Kohlensäureassimilation. Heute aber wissen wir, daß diese sich nur in der grünen Pflanze vollzieht, in der Aufnahme von Kohlensäure und gleichzeitigen Entbindung von Sauerstoff besteht und sich nur im Lichte abspielt. Die Atmung hingegen vollzieht sich in jedem Lebewesen, gleichgültig ob grün oder nicht grün, gleichgültig ob belichtet oder nicht. Die Pflanze atmet genau wie das Tier, sie nimmt Sauerstoff auf und gibt Kohlensäure ab. Ferner meinte man, das Tier vermag sich willkürlich zu bewegen, die Pflanze aber nicht. Doch auch diese Unterscheidung mußte aufgegeben werden, denn es läßt sich leicht beweisen, daß die Pflanze über ein reiches Bewegungsvermögen verfügt, auf äußere Reize wie Wärme, Licht, Elektrizität, mechanische und chemische Einflüsse durch Bewegungen antwortet und häufig mit einer Feinheit reagiert, die unser Erstaunen erregt. Dabei offenbart die Pflanze oft eine Empfindlichkeit, die sogar die des Menschen übertrifft. Wenn wir höhere Pflanzen mit höheren Tieren vergleichen, so gibt es ja in die Augen springende Unterschiede, aber wenn wir hinabsteigen zu den niederen und niedersten Lebewesen, so verschwinden schließlich alle Differenzen, man weiß nicht mehr, soll man dieses oder jenes Lebewesen in die Reihe der Tiere oder in die der Pflanzen stellen, denn es gibt keinen grundsätzlichen Unterschied zwischen Pflanze und Tier.

Was die Bewegungen anbelangt, so muß allerdings zugegeben werden, daß die Bewegungen der Pflanze, von Ausnahmen abgesehen, sehr langsam sind und es oft scharfer Beobachtung und feiner Apparate bedarf, um diese Bewegungen zur Anschauung zu bringen.

Das Tier bewegt sich im allgemeinen sehr rasch, seine Bewegungen sind oft blitzartig schnell, wenn es das Erhaschen einer Beute gilt. Ein Raubvogel muß oft stundenlang fliegen bis er endlich Gelegenheit findet, ein Tier zu erbeuten und dies ist oft nur möglich, durch eine überaus rasche Bewegung. Ein Fisch ist gezwungen, lange zu schwimmen und sich endlich blitzartig auf seine Beute zu stürzen. Ohne diese Bewegungen würden der Fisch, der Raubvogel, das Raubtier und viele andere Tiere verhungern und zugrunde gehen. Solche überaus rasche Bewegungen hat die Pflanze in der Regel nicht nötig, denn sie ist gewöhnlich im Boden befestigt und entnimmt ihre Nahrung aus diesem. Ihr Tisch ist sozusagen immer gedeckt:

das Wasser und die darin gelösten Mineralsalze werden dem Boden an Ort und Stelle entnommen und die für die Ernährung notwendige Kohlensäure bietet die Luft.

Obwohl auf ihrem Standort durch die Wurzel dauernd befestigt, müssen die Organe dennoch in zweckmäßiger Weise gelagert und gerichtet sein. Die Wurzel muß nach abwärts, der Stengel nach aufwärts wachsen, die Blätter müssen in eine zum Lichteinfall günstige Lage gebracht werden, daher hat die Pflanze im Laufe ihrer Stammesgeschichte gelernt, sich durch, wenn auch langsame, Bewegungen, auf ihre Umgebung so zweckmäßig einzustellen, daß ihre Organe ihrer Aufgabe vollkommen entsprechen können.

Welcher Mittel bedient sich nun die Pflanze, um sich bewegen zu können? Das Tier hat, wenn wir von den niederen absehen, ein eigenes Gewebe, das Muskelgewebe für die Bewegungen ausgebildet, ein solches besitzt die Pflanze zwar nicht, aber sie hat dennoch Mittel und Wege gefunden, Bewegungen der verschiedensten Art auszuführen. Sie bedient sich hierzu 1. der Quellung, 2. des Wachstums, 3. des Turgors und 4. der Kohäsion.

I.

Quellungsbewegungen.

Unter Quellung oder Imbibition versteht man das Eindringen des Wassers zwischen die kleinsten Teilchen eines Körpers unter gleichzeitiger Volumenzunahme. Die Quellung unterscheidet sich wohl von der Kapillarität. Bei dieser dringt Wasser in schon vorhandene Räume eines Körpers ohne Volumenzunahme. Wird ein trockener Ziegelstein ins Wasser gelegt, so dringt das Wasser in die kleinsten Räume, die Luft vor sich her drängend, ein, ohne daß sich das Volumen ändert. Bei der Quellung z. B. des Tragants, der Gelatine oder der vegetabilischen Zellhaut liegt aber die Sache anders, hier zwingt sich das Wasser in erst zu schaffende Räume, die kleinsten Teilchen werden durch das eindringende Wasser auseinander gedrängt und daher vergrößert sich das Volumen.

Die Quellung spielt im Pflanzenreiche eine große Rolle. Fast alle Bestandteile der Zelle sind quellbar: die Wand, das Protoplasma, der Kern, die Farbstoffträger, Stärkekörner und Eiweißkristalle. Ein trockenes Blatt, ein Stück trockenes Holz oder Rinde, eine trockene Blüte quillt mit Wasser zusammengebracht.

Tritt Quellung bei einem Pflanzenorgan an entgegengesetzten Seiten ungleich stark ein, so kommt es zu Krümmungsbewegungen, wie wir sie von der Rose von Jericho, *Anastatica hierochuntica*, von der *Selaginella involvens* und *Selaginella rediviva* her seit langem kennen. Aber auch in der heimischen Flora fehlt es an Quellungsbewegungen nicht und dafür seien einige Beispiele angeführt.

Pinus silvestris.

Die Zapfen der gemeinen Kiefer oder Föhre sind allgemein bekannt. Sie lassen am Waldboden liegend, noch den hackig zurückgebogenen Stiel erkennen und zeigen die Zapfenschuppen in trockenem Zustande weit auseinander gespreizt. Je trockener der Boden und die Luft ist, desto stärker ist das Auseinanderstreben der Schuppen,

sie können mit der Achse des Zapfens einen Winkel bis 90° und sogar darüber bilden.

Taucht man einen offenen Zapfen in gewöhnliches Wasser, so saugt er langsam Wasser an, die natürliche Unterseite jeder Zapfenschuppe quillt stärker als die Ober-

seite und daher krümmt sich die Schuppe der Mittelachse des Zapfens so lange zu, bis alle Schuppen einander dicht bedecken und der Zapfen ganz geschlossen wird.

Die Bewegungen der wasseraufnehmenden Schuppen vollziehen sich langsam, können mit freiem Auge nicht gesehen, sondern nur nach längeren Zeitabschnitten festgestellt werden. Ein Beispiel.

Ein trockener gespreizter Zapfen wurde in einem Glase Wasser um 4 Uhr untergetaucht.

| | |
|--------------|--|
| Nach 15 Min. | noch keine Schließbewegung. |
| „ 25 „ | schon eine deutliche Schließbewegung. |
| „ 50 „ | schon eine sehr deutliche Schließbewegung. |
| „ 90 „ | Zapfen fast geschlossen. |
| „ 120 „ | Zapfen fast geschlossen. |
| „ 180 „ | Zapfen ganz geschlossen. |

Der gespreizte offene Zapfen hat sich daher im Laufe von 3 Stunden im Wasser vollständig geschlossen.

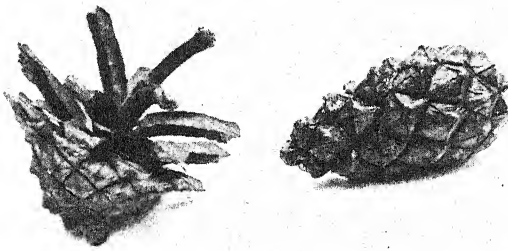


Fig. 28. *Pinus silvestris*, Föhrenzapfen. Links in trockener Luft, Schuppen nach außen gespreizt, rechts nach 3stündigem Liegen im Wasser, Schuppen geschlossen. Original.

Die Gestalt des gespreizten und geschlossenen Zapfens ist, wie die Fig. 28 zeigt, auffallend verschieden. Die Rückbewegung der Schuppen des geschlossenen Zapfens in die Lage der Schuppen des offenen Zapfens erfordert viel mehr Zeit als die umgekehrte Bewegung, da ja, wenn der Zapfen aus dem Wasser herausgenommen wird, es an und für sich schon lange dauert, bis der an der Luft liegende Zapfen das anhaftende Wasser verliert. Zum Trocknen auf den Tisch hingelegte Zapfen spreizen die Schuppen nach etwa 24 Stunden und nach 48 zur Gänze.

Mit der hygroskopischen Bewegung der Föhrenzapfenschuppen hängt ein eigentümliches Knistern im Föhrenwalde zusammen. Es war an einem wunderschönen Maientag. Der helle Sonnenschein durchflutete den Wald, kein Lüftchen regte sich, alles war ruhig und stille. Als ich, auf den Rasen hingestreckt, die blaue Himmelslocke betrachtete, hörte ich plötzlich von Zeit zu Zeit ein auffallendes Knistern, bald hier, bald dort. Ich glaubte, das Geräusch auf irgendein Insekt oder einen Vogel zurückführen zu müssen, aber bei genauerem Aufhören zeigte es sich bald, daß das Knistern von den Föhrenzapfen auf dem Baume (*Pinus Laricio*) ausging. Wenn diese, von der Sonne getroffen, austrocknen, so trennen sich die Schuppen, sich plötzlich nach außen biegend, unter einem schwachen Knall voneinander und diese rasche hygroskopische Bewegung wird zur Ursache des anfangs so geheimnisvollen Waldgeräusches.

Picea excelsa.

Die Schuppen des trockenen Zapfens der Fichte stehen gleichfalls deutlich ab. Wird aber der Zapfen ins Wasser gebracht, so legen sie sich im Laufe von 1—2 Stunden dicht aneinander, so daß der Zapfen bedeutend schmaler wird. Der Einfluß der Quellung macht sich besonders auffallend geltend, wenn man den Fichtenzapfen nur bis zur Hälfte eintaucht. Die im Wasser liegenden Schuppen legen sich der Mittelachse des Zapfens innig an, während die in Luft befindlichen in ihrer gespreizten Lage verharren. Der eingetauchte Teil des Zapfens erscheint daher schmal, der in Luft befindliche breit.

Bemerkenswert ist, daß während des Untergetauchtheits sich das Wasser schon nach kurzer Zeit ($\frac{1}{4}$ bis 1 Stunde) weinrot zu färben beginnt und nach und nach eine tief wein- bis granatroten Farbe annimmt und viel

eisenbläuernden Gerbstoff enthält. Der aus dem Zapfen austretende rote Farbstoff war bisher unbekannt und sollte chemisch untersucht werden.

Die Bewegung der Blättchen von *Polytrichum*.

Eine überaus rasche Quellungsbewegung läßt sich an dem in Wäldern so häufig vorkommenden Widertonmoos, *Polytrichum commune* und verwandten Arten beobachten. Bei dem frischen Moos stehen die Blättchen vom Stengel ab. Trocknet das Moos, am Tische liegend, ein, dann bewegen sich die Blättchen, mit der Spitze nach oben gerichtet, zum Stämmchen, bis sie ihm fast oder ganz anliegen. Im frischen Zustande erscheint das beblätterte Moosstämmchen breit, im trockenen schmal. Taucht man nun ein solches trocken gewordenes Stämmchen unter Wasser, so kann man schon nach ganz kurzer Zeit beobachten, wie sich die Blätter vom Stämmchen entfernen und wieder die gespreizte Lage der Blätter des frischen Stämmchens annehmen.

1. Versuch. Das trockene Pflänzchen mit anliegenden Blättern wird ins Wasser getaucht. Schon innerhalb 2 Minuten bewegen sich die Blätter vom Stamme weg und nehmen die Lage wie bei einem frischen Stämmchen an.

2. Derselbe Versuch. Die Blättchen bewegen sich in 1 Minute um 90° oder mehr vom Stämmchen weg, aus der Vertikalen in die Horizontale.

Abgesehen von dieser Bewegung zeigen die im trockenen Zustande mit der Oberseite sich berührenden Blatthälften auch eine Ausbreitung, so daß das Stämmchen wieder das Aussehen des ganz frischen Moosstämmchens erhält.

Die 2- und 3jährigen Blättchen bewegen sich rascher als die jüngeren, sowohl vom, als auch zum Stamm. Aus dem Wasser wieder entnommen und auf den Tisch in die Sonne gelegt, legen sich die Blättchen, sobald sie das vorher aufgesaugte Wasser abgegeben haben und einzutrocknen beginnen, wieder dem Stämmchen an, doch dauert die Rückbewegung viel länger als die unter Wasser.

Die Bewegungen der Blättchen vollziehen sich nicht bloß im Wasser, sondern auch im dunstgesättigten Raum, den man sich leicht herstellen kann, wenn man auf einem gewöhnlichen Teller ein Trinkglas umstürzt und mit etwas Wasser absperrt.

Imortellen oder die Unsterblichen.

Ein sehr geeignetes Objekt für Quellungsbewegungen sind die Blütenköpfchen der Kompositen, der Strohblume *Helichrysum bracteatum*, der Papierblume *Amobium alatum*, der Wetterdistel *Carlina acaulis*, mancher *Gnaphalium*-Arten u. a.

Carlina acaulis.

Bei trockenem Wetter sind die Köpfchen dieser als „Wetterdistel“ bezeichneten Komposite offen, d. h. die silberglänzenden Hüllblätter (Involukralblätter) sind strahlig nach außen gewendet. Bei regnerischem Wetter hingegen sind die Köpfchen geschlossen, d. h. die Hüllblätter neigen zum Mittelpunkte des Blütenstandes und bedecken die Blüten.

Wenn die Involukralblätter nach außen gelagert sind, wie dies in trockener Luft der Fall ist, und auf der Unterseite benetzt werden, so tritt sofort die Bewegung nach dem Mittelpunkte des Köpfchens ein, weil die Unterseite der Hüllblätter stärker quillt als die Oberseite. Beim Austrocknen findet das Gegenteil statt, die Unterseite zieht sich stärker zusammen als die Oberseite und wendet sich daher nach außen.

Knapp über der unteren Epidermis liegt eine Schicht dickwandiger Zellen (Sklerenchymschicht), die stärker quellen als das darüber liegende Gewebe und dadurch kommt die Bewegung nach innen zustande.

Die Wetterdistel ist kein Wetterprophet, denn sie zeigt nur das schon herrschende feuchte oder trockene Wetter an, von einer Prophezeiung ist natürlich keine Rede, ebenso wie bei anderen sogenannten Wetterpropheten aus dem Pflanzenreiche.

Helichrysum.

Diese Strohblume ist eine häufige Gartenpflanze. Sie wird nicht bloß in Gärtnereien für Kränze, sondern auch in Bauerngärten gerne kultiviert. Das vielreihige, aus vielen gelben, gelbbraunen, weißen oder rosaroten Blättchen bestehende Involukrum hat einen strohigen Charakter.

Wenn das Köpfchen von der Sonne beschienen wird oder trocken am Tische liegt, so sind die Hüllblättchen von der in der Mitte liegenden Scheibe der Röhrenblüten abgewendet und bilden eine vielblättrige Aureole, die, mit dem Finger gestrichen, wie Stroh rauscht.

Taucht man ein solches trockenes, strahliges Köpfchen ins Wasser, so beginnen sich die Hüllblättchen schon nach $\frac{1}{2}$ Minute zu bewegen, nach 2 Minuten ist das Köpfchen schon halb, nach 15 zu drei Viertel und nach etwa 22 Minuten fast ganz geschlossen. Im dunstgesättigten Raume schließt sich das Köpfchen gleichfalls, doch vollzieht sich die Schließbewegung viel langsamer. Beim Eintrocknen entfernen sich die Hüllblättchen wieder vom Zentrum, und das Köpfchen erscheint wieder geöffnet (Fig. 29).

In meines Vaters großer Gärtnerei wurde *Helichrysum* für Kränze in großer Menge gezogen. Wenn diese Strohblumen im Winter



Fig. 29. *Helichrysum bracteatum*, Strohblume. Links die Hüllblättchen des Köpfchens in trockener Luft, rechts im dunstgesättigten Raume. Original.

zu Hunderten in einen Korb getan und in die Nähe des warmen Ofens gestellt wurden, begannen sich die Köpfchen zu öffnen und ein hörbares Rauschen und Knistern ging durch den ganzen Korb, hervorgerufen durch die Reibung der sich ausbreitenden strohigen Hüllblättchen in der warmen trockenen Luft*).

Ähnlich verhält sich *Carlina corymbosa*. Schon nach $\frac{1}{2}$ Minute setzt das Schließen ein und nach 15 Minuten ist das Schließen unter Wasser vollendet.

Ammobium alatum.

Eine gerne in Gärten gezogene Pflanze, einheimisch in Australien und ausgezeichnet durch einen grüugeflügelten Stengel, ist die Papierblume, *Ammobium*. Das etwa $1\frac{1}{2}$ cm breite Köpfchen zeigt eine orangegelbe Scheibe von Röhrenblüten, die von einem schneeweißen, vielblättrigen Involukrum (Hülle) umgeben ist. Die Bewegung ist hier eine langsamere als bei *Helichrysum*. Sie wird erst nach etwa 5 Minuten merkbar, aber nach 15—20 Minuten hat sich unter Wasser auch bei *Ammobium* die Hülle völlig geschlossen.

Die Mechanik der geschilderten Bewegungen bei den Immortellen besteht darin, daß die Unterseite der Hüllblättchen stärker quillt als die Oberseite, daher wird diese konkav

*) Damals schon lehrte mich auch meine Mutter, daß sich gelbe *Helichrysum* sehr schön rot färben lassen, wenn man sie in Boraxlösung taucht.

und jene konvex und dies führt zur Krümmung zur Mitte des Köpfchens und beim Eintrocknen von der Mitte weg. Es ist von Interesse, daß die Hüllblättchen sowohl im lebenden als auch im toten Zustande die Quellungsbewegungen zeigen. Ein Blütenköpfchen von *Helichrysum*, *Ammobium*, *Carlina* und *Gnaphalium* kann jahrelang in einer Tischschublade aufbewahrt werden und behält, obwohl abgestorben, sein ursprüngliches Aussehen und sieht so aus wie am lebenden Stocke; daher hat man diese Pflanzen auch die „Unsterblichen“ oder „Imortellen“ genannt.

Die Fruchtkapseln der *Epilobium*-Arten.

Ein sehr günstiges Objekt für rasche Quellungsbewegungen sind die aufgesprungenen Kapseln der Weidenröschen, der *Epilobium*-Arten.

Wenn die geöffneten Kapseln die mit Flughaaren versehenen Samen zu entlassen beginnen und trocken geworden sind, neigen sich die vier strohigen Fruchtblätter in scharfem Bogen zurück. Taucht man eine solche trockene aufgesprungene Frucht ins Wasser und läßt sie darin, so beginnt sich die Kapsel so rasch zu schließen, daß man die Bewegung der Enden der Fruchtblätter bei scharfer Beobachtung mit freiem Auge verfolgen kann. Die Rückbewegung unter gleichzeitiger allmählicher Geradestreckung beginnt sofort und nach etwa 4—5 Minuten ist die Geradestreckung fast vollendet.

2.

Wachstumsbewegungen.

Geotropismus.

Überall, wo wir auf dem Erdball Tannen und Fichten beobachten, sehen wir, daß ihre Stämme kerzengerade nach aufwärts und die Hauptwurzel vertikal nach abwärts zum Erdmittelpunkte wachsen. Nicht nur in Europa, sondern überall auf unserem Planeten steht die Hauptachse des Baumes in der Richtung des Lotes, d. h. in der Richtung des betreffenden Erdhalbmessers.

Da es nur eine einzige Kraft auf unserer Erde gibt, die überall im Sinne des Lotes wirkt, das ist die Schwerkraft, so wird es schon durch diese Überlegung sehr wahrscheinlich, daß eben diese Kraft die Ursache der lotrechten Richtung der Baumachse ist.

Experimente von Knight, in denen die Schwerkraft mit der Zentrifugalkraft kombiniert war, und Versuche von Sachs, in denen

Keimlinge in horizontaler Lage mit einem Urwerke einer sehr langsamen Drehung ausgesetzt wurden, so daß sie der einseitigen Wirkung der Schwerkraft entzogen waren, haben den Beweis dafür erbracht.

Von dem Einfluß der Schwerkraft auf die Richtung der Pflanzenteile kann man sich leicht an Keimlingen überzeugen.

Wir bedecken einen Suppenteller mit nassem Filtrier- oder Löschpapier und legen Samen von Mais, die man unmittelbar vorher 12—24 Stunden im Wasser hat quellen lassen, darauf, bedecken dieses Keimbett mit einem umgekehrten Teller, um es dunkel zu halten, und sorgen durch einen Filterpapierstreifen, der mit einem Ende in einem mit Wasser versehenen Vogelnapf und mit dem anderen das Papier des Tellers berührt, dafür, daß das Keimbett fortwährend



Fig. 30. Maiskeimling wagrecht gelegt.

Die Wurzel krümmt sich infolge der Schwerkraft abwärts, der Stengel aufwärts. Nach Benecke-Jost.

feucht erhalten bleibt. Nach wenigen Tagen beginnt die Keimung. Die Stämmchen wachsen nach aufwärts und die Wurzeln nach abwärts. Nehmen wir einen solchen Keimling aus seiner bisherigen Lage und legen ihn so, daß Stengel und Wurzel horizontal liegen, so dauert es unter günstigen Wachstumsbedingungen nur 1 bis 4 Stunden und beide Organe werden sich wieder in die Vertikale begeben haben, das Stengelchen nach oben und das Würzelchen nach unten (Fig. 30).

Merkwürdigerweise gibt es auch Organe wie die Wurzelstöcke vom Bisamkraut, *Adoxa moschatellina*, *Heleocharis*- und *Carex*-Arten, die ihre Ruhelage in der Horizontalen finden und, wenn sie aus dieser herausgebracht werden, von der Schwerkraft derart beeinflußt werden, daß sie durch Wachstum sich wieder in die horizontale Richtung hineinbegeben. Die Eigenschaft der Pflanze, sich infolge der Gravitation in ganz bestimmter Weise gegen die Vertikale einzustellen, wird als Geotropismus bezeichnet. Nach dem Gesagten kann man drei Arten des Geotropismus unterscheiden: positiven, wenn das Organ nach abwärts, negativen, wenn es nach aufwärts, und transversalen, wenn es horizontal wächst. Die Hauptwurzeln sind in der Regel positiv, die Stengel 1. Ordnung und die Blattstiele gewöhnlich negativ und manche Wurzelstöcke transversal geotropisch.

Wie rasch Pflanzenstengel sich geotropisch nach aufwärts wenden, kann leicht beobachtet werden, wenn man Topfpflanzen vom Mottenkraut, *Plectranthus fruticosus*, *Coleus*, *Chrysanthemum*

horizontal legt oder junge Stengel der Sonnenrose (*Helianthus annuus*) vorsichtig umbiegt und in dieser Lage befestigt. Schon am selben oder am nächsten Tage kann man in der wachsenden Region die Aufwärtskrümmung feststellen. Der Geotropismus ist eine Wachstumserscheinung und unter dem Einfluß der Schwerkraft beginnt ein horizontal gestellter Stengel an der Unterseite stärker zu wachsen, er wird hier länger, konvex, biegt sich nach aufwärts und kehrt auf diese Weise in die Vertikale zurück.

In der freien Natur läßt sich auf Schritt und Tritt sehr häufig beobachten, daß Stengel, die durch Wind, Wetter oder Tiere aus ihrer normalen Richtung herausgebracht worden sind, sich wieder in die vertikale Richtung einstellen.

Dies vermag der Stengel und die Wurzel nur, so lange diese beiden Organe noch wachstumsfähig sind. Es fehlt aber nicht in gewissen Fällen an Einrichtungen, die es ermöglichen, daß auch bereits ausgewachsene Organe unter dem Einfluß der Gravitation von neuem zu wachsen beginnen und die Wiederaufrichtung veranlassen. Ein ausgezeichnetes Beispiel dafür sind die Grasknoten.

Bekanntlich sind die Grashalme knotig gegliedert, der Knoten kommt durch ein von der Basis der Blattscheide gebildetes Gelenk zustande. Wird der Grashalm irgendwie in der Natur oder absichtlich aus seiner aufrechten Lage in eine schiefe oder horizontale zu einer Zeit gebracht, wenn die Stengelglieder und Knoten schon aus-

gewachsen sind, so werden die letzteren aber nur diese zu neuem Wachstum angeregt, wachsen unterseits sehr stark im Gegensatz zur Oberseite und vermitteln auf diese Weise, indem sich mehrere Knoten daran beteiligen, die Wiederaufrichtung des Halmes (Fig. 31).

EinesolcheWiedereinstellung in die Lotrechte kommt dem Getreide, wenn es „lagert“ zugute, denn nur in aufrechter Stellung vermögen die beblätterten Halme ausgiebig zu assimilieren und zu fruchten.

Ähnliche Einrichtungen finden sich auch außerhalb der Gruppe der Gräser. Bei *Galeopsis*-, *Impatiens*- und *Galium*-Arten treten an den Enden der Stengelinternodien Anschwellungen von ziemlicher Dicke auf, die wie Gelenke wirken.

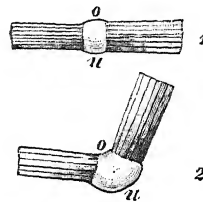


Fig. 31. Geotropische Aufrichtung eines Grasknotens. 1. Das vorher aufrechte Halmstück wagrecht gelegt. 2. Die Unterseite *u* des Knotens nach längerem Liegen stark verlängert, die Oberseite *o* etwas verkürzt. Die dadurch verursachte Krümmung hat das jüngere Halmstück um etwa 75° emporgerichtet. Nach Noll.

Wenn ein Galeopsis-Stengel im Freien horizontal gelegt wird und durch ein Holzreiterchen an einer Stelle in dieser Zwangslage erhalten wird, so beginnen die Gelenke, durch die Schwerkraft gereizt, unterseits stark zu wachsen und richten dadurch den Stengel wieder auf.

Heliotropismus.

Das Licht ist für die Pflanze von größter Bedeutung. Nur im Lichte kann die grüne Pflanze aus der Kohlensäure der Luft organische Substanz bilden, das geschieht hauptsächlich durch die Blätter, sie sind die Haupternährungsorgane der Pflanze. Es erscheint daher begreiflich, daß die Pflanze im Laufe ihrer Stammesgeschichte auch gelernt hat, ihre Organe auf den Lichteinfall so einzustellen, daß sie ihren Aufgaben am besten entsprechen können. Dies geschieht durch den Helio- oder Phototropismus. —

Kartoffeln, die im finstern Keller austreiben, erzeugen überverlängerte Triebe und diese wachsen nach dem Kellerluftloch, wo Licht einfällt. Pflanzen am Waldesrand, auf die Licht seitlich einfällt, wenden ihre Stengel und Blätter von der Schattenseite zur Lichtseite.

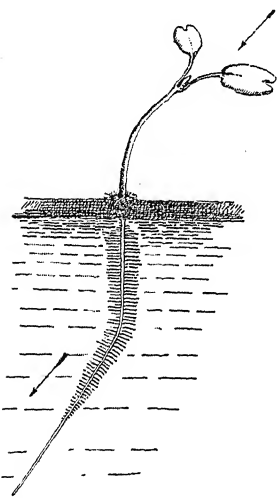


Fig. 32. Heliotropismus eines Kohlkeimlings. Wurzel negativ, Stengel positiv und Blattflächen transversal heliotropisch. Original.

Gewächse, die am einseitig beleuchteten Fenster des Wohnzimmers stehen, werden einseitig, erhalten nach und nach eine Vorder- und Rückseite, weil sie ihre Stengel und Blattstiele nach der Straße wenden und ihre Blattspreiten senkrecht zum Lichteinfall einstellen.

Aber nicht bloß die oberirdischen Teile, sondern auch unterirdische können vom Lichte in ihrer Wachstumsrichtung beeinflußt werden. Dies ist bei Wurzeln häufig der Fall, sie wenden sich gewöhnlich vom Lichte weg.

Je nach der Art, in der sich die Pflanzenorgane dem Lichte gegenüber einstellen, unterscheidet man: positiven Heliotropismus, wenn das Organ sich dem Lichte zuwendet, negativen, wenn es sich davon abwendet, und transversalen, wenn es sich senkrecht zum Lichteinfall stellt (Fig. 32).

Positiv heliotropisch sind in der Regel die Stengel und Blattstiele, negativ viele Boden- und Luftwurzeln und transversal helio-

tropisch die Blattspreiten. Negativer Heliotropismus tritt mit großer Deutlichkeit auch an den Weinranken auf, sie wenden sich scharf vom Lichte weg.

In der Natur wird der Heliotropismus meist verschleiert, weil ja die Sonne während des Tages scheinbar um die Pflanze herumgeht, das Licht also Morgens von Osten, Mittags von Süden und Abends von Westen kommt. Auch von Norden kommt verhältnismäßig starkes, zerstreutes Licht. Wenn aber das Licht an irgendeinem Orte vorwiegend von einer Seite einfällt, z. B. am Rande eines Waldes, dann zeigt sich der Heliotropismus an den Sproßenden, den Blüten und Blättern mit großer Deutlichkeit.

Sehr gut läßt sich der Phototropismus an der indianischen Kapuzinerkresse, *Tropaeolum majus*, beobachten, wenn sie dicht an einer Hausmauer gepflanzt ist. Da sieht man die Blattstiele alle von der Wand gewendet und die Blattspreiten senkrecht auf das einfallende, stärkste diffuse Licht eingestellt. Gerade an diesen Blättern kann man feststellen, wie sie Intensitätsunterschiede des Lichtes scharf unterscheiden.

Steht die Pflanze zufällig an einem Orte, wo sie von rechts und links Licht erhält, so stellt sich die Blattspreite senkrecht auf die Resultierende der beiden Lichtintensitäten ein.

Eine *Tropaeolum*-Topfpflanze, die im Zimmer zwischen zwei Fenster aufgestellt wird, wächst, wofern sich die Beleuchtung der beiden Fenster nicht wesentlich unterscheidet, auf keines der Fenster zu, sondern in den Raum zwischen den Fenstern hinein.

Keimlinge der Wicke, Linse sind von ganz außerordentlicher Empfindlichkeit; genau in der Mitte der Verbindungslinie zwischen zwei anscheinend gleich stark leuchtenden Glühlämpchen gestellt, wachsen sie nicht, wie man erwarten würde, gerade aufwärts, sondern wenden sich stets ein und derselben Lampe zu, weil diese etwas stärker leuchtet als die andere. Die Pflanze unterscheidet noch diese Lichtintensitätsdifferenz, das menschliche Auge aber vermag dies, auch wenn mit dem Bunsenschen Photometer bewaffnet, nicht mehr. Wir haben hier ein wunderbares Beispiel, daß die Pflanze an Empfindlichkeit das menschliche Auge übertrifft und sich als ausgezeichnetes physiologisches Photometer bewährt.

Fixe Lichtlage. Die Blätter vieler Pflanzen stellen ihre Blattfläche senkrecht auf das stärkste diffuse Licht und verharren schließlich dauernd in dieser Lage, sobald sie ihr Wachstum beendet haben. Diese dauernd eingenommene Stellung wird als fixe

Lichtlage bezeichnet. Man betrachte z. B. die Buchenblätter mitten im Walde auf Ästen, die das stärkste Licht vom Zenith erhalten. Sie liegen mehr oder minder horizontal, weil senkrecht zu diesem Licht und Tau- oder Regentropfen rollen von ihnen nicht ab.

Variable Lichtlage. Nicht alle Blätter nehmen eine dauernde fixe Lage ein, sondern je nach der Lichtstärke eine wechselnde. Es sind dies die Fiederblättchen vieler Hülsenfrüchtler oder Leguminosen. Diese Blättchen besitzen an ihrer Basis Anschwellungen oder Gelenke und mit Hilfe dieser stellen sie ihre Spreite je nach der jeweilig herrschenden Lichtintensität verschieden ein. Bei der falschen Akazie, *Robinia pseudacacia*, z. B. suchen die Fiederblättchen dem starken direkten Lichte der Mittagssonne zu entgehen, indem sie sich über die Horizontale erheben und das Licht an sich gewissermaßen vorübergehen lassen. Bei starkem diffusen Licht stehen sie horizontal und nachts wenden sie sich nach abwärts. Die Lage der Blättchen ist hier keine fixe, sondern eine veränderliche.

Kompaßpflanzen. An unserem einheimischen wilden Lattich, *Lactuca scariola*, läßt sich die interessante Beobachtung machen, daß die Blätter auf unbeschatteten Orten mit ihren Spitzen nach Nord und Süd blicken. Die Pflanze kommt auf wüsten Plätzen vor. Ihre Blätter sind meist buchtig fiederspaltig bis schrotsägeförmig. An schattigen Orten blicken die Blätter nach allen Seiten, aber wenn sie während des größten Teiles des Tages dem direkten Sonnenlichte ausgesetzt sind, nehmen die Blätter durch Drehungen und Krümmungen eine vertikale Lage ein, so daß sie mit ihrem Blattrende nach oben und unten blicken und sich gleichzeitig mit ihrer Längsachse nach Nord oder Süd richten. Auf diese Weise genießen sie mit ihrer Blattfläche von Osten her die Morgen-, vom Westen her die Abendsonne, weichen aber durch die vertikale Stellung ihrer Spreiten dem überaus starken direkten Lichte der Mittagssonne aus. Wegen dieser eigenartigen Orientierung der Blätter nach Nord und Süd hat man *Lactuca scariola* und einige andere Gewächse Kompaßpflanzen genannt.

Zusammenwirken von Geo- und Heliotropismus.

Wenn ein vertikal stehender Stengel, z. B. ein Keimstengel der Bohne seitlich vom Licht getroffen wird, so krümmt er sich heliotropisch zur Lichtquelle hin und kommt dadurch aus der vertikalen in eine schiefe Lage. In dieser wird er negativ geotropisch

gereizt und sucht infolgedessen wieder in die Lotrechte zurückzukehren; gleichzeitig sucht ihn das Licht wieder aus der Vertikalen herauszubringen. So entsteht ein Kampf zwischen Geo- und Heliotropismus und das Endergebnis ist die Einstellung der Stengelachse in die Resultierende dieser beiden Kräfte. Bei sehr lichtempfindlichen Keimlingen — dazu gehören Erbsen, Linsen und Saatwicken — überwiegt der Heliotropismus so stark, daß diese horizontal zur Lichtquelle hinwachsen, ja sogar nach abwärts wachsen, wenn die Lichtquelle unterhalb der Keimlingen liegt.

Änderung der Art des Heliotropismus: *Linaria cymbalaria*, das Zimbelkraut, ist eine auf Schloßmauern, Felsen und steinigen Flußufern vorkommende, aber auch als Ampelpflanze an Fenstern gezogene Scrophulariacee. Ihre blaßvioletten Blüten stehen auf wenige Zentimeter langen Stielen, die zunächst positiv heliotropisch von der Unterlage abgewendet sind. Nach der Befruchtung oder nach dem Verblühen, tritt eine Umstimmung gegenüber dem Lichte ein, denn die bisher positiv heliotropisch zum Lichte gekrümmten Blütenstiele werden negativ heliotropisch, machen Kehrtum und wenden sich nun zum Substrate hin. Das hat einen Vorteil für die Pflanze. Sie hat so eine günstige Gelegenheit, die Früchte und Samen zwischen den Unebenheiten, Spalten und kleinen Löchern abzulagern. Auf diese Weise werden die Samen vor dem Herabfallen von den Felsen und Mauern in die Tiefe bewahrt und gerade da abgesetzt, wo es dieser Pflanze besonders zusagt.

3.

Turgorbewegungen.

In der normalen lebenden Zelle übt der Zellsaft infolge osmotischer Wasseraufnahme einen Druck auf die Plasmahaut aus, diese wird gedehnt, drückt an die Zellwand und dehnt auch diese. Der gesamte Druck des Zellinhaltes auf die Zellwand heißt Turgordruck oder kurz Turgor.

Durch Turgoränderungen können gleichfalls Bewegungen veranlaßt werden und von diesen soll nun die Rede sein.

Turgorbewegungen kann man besonders häufig in der Ordnung der Hülsenfrüchtler oder Leguminosen und in der Familie der Oxalideen oder Sauerkleegewächse beobachten. Hierzu zwei Beispiele, wo sich die Bewegungen verhältnismäßig rasch vollziehen.

Oxalis acetosella.

Der Sauerklee ist eine im Walde sehr häufige Schattenpflanze. Sie besitzt dreizählige Blätter, die auf starke Lichtschwankungen und Erschütterung durch relativ rasche Veränderung ihrer Lage reagieren. Wenn man ein nicht zu altes und nicht zu junges Blatt, sondern eines, das eben ausgewachsen ist und dessen drei Blättchen etwa wagerecht stehen, vorsichtig pflückt, dann in der Hand haltend, mehrmals mit dem Finger überstreicht und erschüttert, so senken sich binnen weniger Minuten die Blättchen nach abwärts.

| | | | |
|-------------|---|-----|-----------|
| 1. Versuch: | Senkung der Blättchen nach $\frac{1}{2}$ Min. | um | 30° |
| | " " | " " | 1 " " 45° |
| | " " | " " | 5 " " 75° |
| 2. Versuch: | " " | " " | 1 " " 25° |
| | " " | " " | 2 " " 40° |
| | " " | " " | 5 " " 80° |
| 3. Versuch: | " " | " " | 1 " " 25° |
| | " " | " " | 2 " " 45° |
| | " " | " " | 3 " " 60° |
| | " " | " " | 4 " " 85° |

Aus diesen Versuchen ist zu ersehen, daß die Blättchen schon in der kurzen Zeit von etwa 4—5 Minuten sich von der horizontalen fast in die vertikale Lage begeben.

Wie kommt die Abwärtsbewegung nach der Erschütterung zustande? Am Grunde jedes Blättchens findet sich eine Anschwellung, ein sogenanntes Gelenk vor, bestehend aus einem sehr saftreichen Parenchym und einem zentral gelegenen, verhältnismäßig schmalen Gefäßbündel.

Wenn das Blatt erschüttert wird, so tritt Wasser aus der unteren Hälfte des Gelenkes in die obere, die untere erschlafft, die obere wird noch turgescenter als sie schon war und daher senkt sich das Blatt. Auch die beiden anderen *Oxalis*-Arten unserer Flora *Oxalis stricta* und *O. corniculata*, zeigen die beschriebenen Bewegungen.

Robinia pseudacacia.

Die gemeine oder falsche, aus Nordamerika stammende Akazie zeigt nach Erschütterung gleichfalls eine verhältnismäßig rasche Bewegung ihrer Blättchen, besonders nach Mittag und gegen Abend. Das Blatt ist paarig gefiedert und zeigt sowohl am Grunde des gemeinsamen Blattstiels als auch an der Basis jedes Fliederblättchens ein Gelenk.

Stehen die Blättchen horizontal und erschüttert man das Blatt, indem man mit der flachen Hand mehrmals draufschlägt oder die

Fiederblättchen zwischen den Fingerspitzen rasch durchgleiten läßt, so kann man in den folgenden Minuten sehen, wie sich die Blättchen senken.

| | | | | |
|-------------|----------------------------|---------|----|-----|
| 1. Versuch: | Senkung der Blättchen nach | 15 Sek. | um | 30° |
| | " " | 1 Min. | " | 45° |
| | " " | 2 " | " | 75° |
| | " " | 3 " | " | 80° |
| | " " | 4 " | " | 90° |
| 2. Versuch: | " " | 10 Sek. | " | 15° |
| | " " | 1 Min. | " | 45° |
| | " " | 2 " | " | 60° |
| | " " | 3 " | " | 70° |
| | " " | 5 " | " | 85° |
| 3. Versuch: | " " | 15 Sek. | " | 30° |
| | " " | 1 Min. | " | 50° |
| | " " | 2 " | " | 75° |
| | " " | 3 " | " | 85° |

Da das Fiederblättchen der falschen Akazie ziemlich groß ist — seine Länge beträgt etwa 5—8 cm — so legt seine Spitze nach Erschütterung in der Zeit von 3—5 Minuten einen weiten Weg von mehr als 10 cm zurück. Die Schnelligkeit erreicht bei der schamhaften Sinnpflanze, *Mimosa pudica* und bei *Biophytum sensitivum* viel höhere Werte, aber sie ist bei der falschen Akazie immerhin so groß, daß man die Bewegung der Fiederblättchenspitze direkt beobachten kann, denn sie übertrifft bedeutend die Geschwindigkeit des großen Zeigers einer Taschenuhr.

Die Mechanik der Bewegung ist dieselbe wie die bereits erörterte beim Sauerklee.

Berberis vulgaris,

die Berberitze oder der Sauerdorn, ist ein bis 3 m hoher, in fast ganz Europa und auch sonst verbreiteter Strauch mit gelben, in hängenden einfachen Trauben stehenden Blüten. Diese besitzen meist 6 Kelchblätter, 6 Kronblätter, 6 Staubblätter und einen kurzen oberständigen Fruchtknoten mit breiter Narbe. Die Staubgefäße sind gegen Berührung und Erschütterung reizbar. Ihre Filamente schmiegen sich im ungereizten Zustande bogig der Innenfläche der Kronblätter an.

Wenn man die Innenseite des Staubfadens mit einer Bleistiftspitze oder einem fein zugespitzten Hölzchen berührt, so bewegt sich dieser sofort gegen den Fruchtknoten hin, so daß die Anthere mit dem Pollen auf den Rand der Narbe zu liegen kommt. Dieselbe Bewegung wird auch durch Insekten ausgelöst. Sowie eine Biene den am Blütengrunde reichlich

angesammelten Nektar zu saugen versucht, berührt sie den Staubfaden, reizt ihn und bewirkt, daß dieser sofort sich gegen die Blütenmitte bewegt und den Blütenstaub entweder auf das Insekt oder auf den Rand der Narbenscheibe überträgt.

Die Bewegung der reizbaren Staubgefäße des Sauerdorns gehört zu den seismischen oder Erschütterungsbewegungen, kann aber auch durch hohe Temperatur, elektrische Schläge, Chloroform, Essigsäure und andere Stoffe hervorgerufen werden.

Ob diese Bewegung der Staubgefäße bei *Berberis* von besonderem Nutzen für die Bestäubung ist, wird von vielen Forschern bejaht, von Goebel³⁰⁾ aber in Zweifel gezogen.

Helianthemum chamaecistus.

Die Gattungen der Familie der Cistaceen, zu denen das reizende Sonnenröschen *Helianthemum* gehört, erregt unser Interesse durch eine im Pflanzenreiche seltene physiologische Erscheinung, durch die rasche Bewegung der Staubfäden auf einen mechanischen Reiz hin.

Unter den verschiedenen Arten können wir uns leicht das auf grasigen Plätzen der Berge nicht seltene *Helianthemum chamaecistus* verschaffen. Die nur durch kurze Lebensdauer ausgezeichneten gelben Blüten erscheinen morgens, bleiben vormittags bei Sonnenschein weit geöffnet, ihre Blumenkronen beginnen sich nachmittag zu schließen und fallen ab.

Die ungereizte Blüte läßt die vielen Staubgefäße nach innen zusammengeneigt erscheinen, fährt man aber über sie mit einer Nadel rasch darüber, so bewegen sie sich sofort nach auswärts, und zwar mit einer Schnelligkeit, die man mit bloßem Auge leicht verfolgen kann. Sie ist viel rascher als die Bewegung des großen Zeigers einer Taschenuhr. Läßt man die Blüte nun in Ruhe, so kehren die Staubfäden innerhalb 10—15 Minuten wieder in die frühere Lage zurück, bewegen sich mehr gegen das Zentrum und können dann wieder gereizt werden.

Ist es im Freien stark windig oder werden die Blüten recht oft durch anfliegende Insekten besucht, so gelingt der Versuch, weil die Staubfäden zu oft erschüttelt worden sind, nicht oder nicht gut. Dem kann man aber leicht abhelfen, wenn man die blühenden Sprosse pflückt, rasch in ein Glas Wasser stellt und im Zimmer $\frac{1}{2}$ —1 Stunde beläßt. In der ruhigen Luft gelangen die Blüten in Reizstimmung, sie werden empfindlich und ihr Bewegungsvermögen

kann leicht in der beschriebenen Weise veranschaulicht werden. Besonders empfindlich sind die Staubfäden, so lange die geöffnete Blüte noch jung ist, also am Vormittag; gegen Abend, wenn die Kronblätter sich bereits ablösen, antworten die Staubfäden schon weniger deutlich auf eine Erschütterung.

Portulaca.

Der Kohlportulak, auch Burzelkohl genannt, *Portulaca oleracea*, hat gelbe Blüten mit freien oder fast freien Blumenblättern, 8—15 Staubgefäßen und eine mit Deckel aufspringende Kapsel. Die Gartenformen, auf die sich meine Beobachtungen beziehen, bilden mit ihren prächtig, bald rot, rosa, gelb, bald weiß gefärbten Blüten einen, wenn auch rasch vergänglichen Schmuck der Gärten, denn die Blüten haben nur die kurze Lebensdauer von einem Tag. Sie öffnen sich frühmorgens, schließen sich im Laufe des Nachmittags und erscheinen schon am Abend geschrumpft und geschlossen.

Was aber bei diesen Blüten von besonderem Interesse ist, ist die auffallende Bewegung der zahlreichen Staubgefäße auf eine Erschütterung hin. Pflückt man Sprosse mit geöffneten Blüten, stellt sie in ein Glas Wasser, läßt sie etwa $\frac{1}{2}$ Stunde ruhen und streicht dann mit einer Bleistiftspitze über die Staubfäden — es dürften etwa 40—50 vorhanden sein — hinweg, so kommt Leben in den Wald der Staubfäden, sie bewegen sich mit sichtbarer Geschwindigkeit ein- und auswärts, wobei die Staubbeutel in 1—2 Sekunden einen Weg von 1—5 mm zurücklegen. Streicht man die Staubfäden von rechts nach links, so bewegen sie sich von links nach rechts, streicht man sie von rechts nach links, so bewegen sie sich in umgekehrter Richtung.

Die ganze Erscheinung erinnert lebhaft an die bereits geschilderte Bewegung der Staubfäden vom Sonnenröschen *Helianthemum chamaecistus*.

Einen reizenden Anblick gewähren die reifen Kapseln, wenn sie mit einem Deckel aufspringen und die kleinen zahlreichen, metallisch glänzenden und irisierenden Samen sichtbar werden.

Kompositen.

In der Unterfamilie der Cynareen kann man sich gleichfalls leicht von der auffallend raschen Bewegung der Staubfäden überzeugen. *Centaurea*-Arten, *Cirsium*-Arten, *Leontodon hastilis* und andere eignen sich ganz besonders dazu. Sie zeichnen sich dadurch

aus, daß ihre Staubfäden auf Stoß oder Erschütterung, kurz nach mechanischer Reizung eine plötzliche Zusammenziehung und Verkürzung erfahren und dabei Blütenstaub in größerer Menge aus den Staubbeuteln entbinden.

Die fünf Staubgefäße sind frei, im ungereizten Zustand nach außen gebogen, im gereizten gerade gestreckt und ihre Staubbeutel sind miteinander verklebt. Mitten zwischen den Staubfäden und ihren Staubbeuteln verläuft der Griffel, die Antheren oft überragend.

Werden die Staubgefäße der Röhrenblüten durch ein die Blüten besuchendes Insekt oder mit einer Nadel rasch gestoßen, so verkürzen sie sich augenblicklich und strecken sich gerade. Dabei sieht man, wie sich der Griffel etwa 1–2 mm hin und her bewegt (Fig. 33). Nach einiger Zeit kehren die Staubfäden wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück und können von neuem mit Erfolg gereizt werden.

Cirsium oleraceum, die Kohlratzdistel, eine auf nassen Wiesen häufige Pflanze, stellt ein gutes Versuchsobjekt dar. Man pflücke einen Sproß mit einem Blütenköpfchen, in dem sich die äußersten Blütenreihen bereits geöffnet haben, stelle ihn in ein Glas Wasser für einige Zeit ruhig hin und stoße dann eine Einzelblüte mit einer Nadel rasch zur Seite. Darauf erfolgt sofort eine leicht bemerkbare Hin- und Herbewegung, die Spitze des Griffels

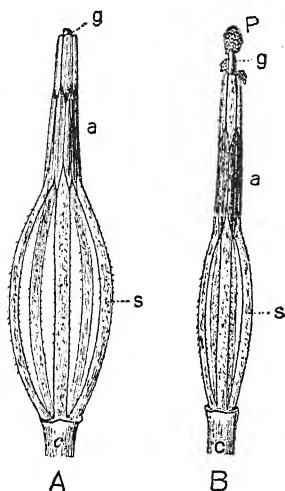


Fig. 33. *Centaurea jacea*. Staubblätter durch Entfernen der Kronröhre freigelegt. A im reizempfindlichen Zustande, B in zusammengezogenem Zustande. c unterer Teil der Kronröhre, s Staubfäden, a Antherenröhre, g Griffel, P Pollen. Vergrößert. Frei nach Pfeffer-Jost.

legt dabei einen Weg von 1–2 mm zurück, die Antheren werden etwas hinabgezogen und gleichzeitig wird durch die Bürstenhaare des Griffels eine größere Menge Blütenstaub aus den Staubbeuteln frei gemacht. Hervorgerufen wird diese Bewegung durch die plötzliche Zusammenziehung der Staubfäden (Fig. 33).

Die Verkürzung der Staubfäden wird durch den plötzlichen Austritt von Wasser aus der Zelle in die zwischen den Zellen befindlichen Luftinterzellularen bewirkt. Die elastische Verkürzung bei der Reizung kann einen hohen Betrag der ursprünglichen Länge ausmachen³¹⁾. Nach und nach tritt das ausgetretene Wasser wieder

in die Zellen ein, die Staubfäden nehmen ihre ursprüngliche Länge wieder an und können dann wieder gereizt werden.

Centaurea cyanus. Die in den Getreidefeldern vorkommende, aber auch in Gärten gezogene Kornblume ist allgemein bekannt. Aber nicht jedermann weiß, daß sie reizbare Staubfäden hat und man mit ihr einen hübschen Versuch machen kann. Läßt man die Blütenköpfchen mit ihren Stielen zu mehreren im Wasser stehen und betupft man nach einiger Zeit der Ruhe die Spitze der miteinander verklebten Staubbeutel mit einer Nadel oder einer Bleistiftspitze, so sieht man sofort eine hin- und hertaumelnde Bewegung und gleichzeitig wird viel Pollen aus den Antheren entleert. Die Mechanik dieser Bewegung ist dieselbe wie in dem vorhergehenden Falle bei *Cirsium* und bei allen Cynareen mit reizbaren Staubfäden.

Hat man nicht Kornblumen zur Verfügung, so kann man mit gleichem Erfolg auch verwandte Arten, z. B. *Centaurea jacea* und *C. paniculata* verwenden.

Leontodon hastilis, eine weitverbreitete Wiesenpflanze, eignet sich gleichfalls für unser Experiment in ausgezeichneter Weise und desgleichen noch andere Cynareen.

Dieselben Bewegungen, wie wir sie eben beschrieben haben, lassen sich auch bei den in Gärten oft kultivierten *Helichrysum bracteatum*-Blüten feststellen, nur sind sie hier nicht so auffallend, weil die Blüten kürzer sind.

Diese höchst auffällige Bewegung der Staubfäden der genannten Kompositen steht im Dienste der Bestäubung. Dadurch, daß infolge der Bewegung Pollen in größerer Menge aus den Staubbeuteln ausgebürstet und frei wird, werden die blütenbesuchenden Insekten reichlich mit Pollen beladen und erleichtern auf diese Weise die Übertragung des Blütenstaubes von Blüte zu Blüte.

Reizbare Narben

finden sich bei einigen Arten der Acanthaceen, der Scrophulariaceen und den damit verwandten Bignoniaceen, Martyniaceen und Lentibulariaceen. Die Reizbarkeit läßt sich leicht und bequem an der Narbe von *Mimulus luteus* feststellen, einer im westlichen Nordamerika einheimischen Scrophulariacee, die bei uns in Europa in Gärten häufig kultiviert wird, ja in manchen Fällen sogar verwildert. Der etwa 1½ cm lange Griffel der schönen gelben Blume endet an seiner Spitze in eine zweilappige Narbe. Die an ihrer Innenseite gegen Berührung reizbaren Lappen sind im ungereizten Zustand

weit auseinander gefaltet, schließen sich aber, wenn man sie mit einem dünnen Grashalm oder einem fein zugespitzten Zündhölzchen einige Male berührt oder überfährt, mit merkbarer Schnelligkeit in 5—15 Sekunden, so daß sich dann die Lappen mit ihren Innenseiten innig berühren und den vom Insekte übertragenen Blütenstaub zwischen sich einschließen.

Ähnliches läßt sich an den dottergelben Blüten des gemeinen Wasserschlauches, *Utricularia vulgaris*, desgleichen an dem in Parks häufig gezogenen Trompetenbaum, *Catalpa bignonioides*, beobachten.

Der Nutzen der Reizbarkeit der Narbe ist bisher nicht mit Sicherheit nachgewiesen worden, auch der Ansicht, daß durch das Einschließen des Pollens zwischen den beiden Narbenlappen eine Selbstbestäubung verhindert wird, fehlt noch die tiefere Begründung³⁰⁾ (p. 360).

Auch die Griffel mancher Kompositen sind mechanisch reizbar. So verkürzen sich die Griffel der viel kultivierten Gartenpflanze *Gaillardia hybrida* nach mechanischer, durch Hin- und Herbiegen mit einer Nadel herbeigeführten Reizung nach Goebel³⁰⁾ (p. 366) um 8.4—28% und die von *Helenium* im Maximum um 12.7%.

Goebel verdanken wir auch die interessante Beobachtung, daß die Strahlblüten des Gänseblümchens*) und die des Löwenzahns, *Taraxacum officinale* gegen Erschütterung reizbar sind und sich schließen.

So zeigen die Randblüten der beiden genannten Pflanzen nach einer Reihe von Stößen, ausgeführt mit dem Finger, eine deutliche Aufwärtskrümmung, ähnlich wie bei ihrer Schlafbewegung.

Hierher gehört auch die Beobachtung Seegers³⁰⁾ (p. 373), der fand, daß sich die Blumenkrone von *Gentiana prostrata* langsam schließt, wenn ein kleines Insekt in den röhrenförmigen Teil eindringt oder wenn die Stellen am Ansatz der Blumenkronzipfel berührt werden. Auch Goebel³⁰⁾ (p. 373) fand reizbare Blumenkronen bei *Gentiana utriculosa* und *G. verna* und Molisch bei *Gentiana quadrifida* im Himalajagebiet.

Der Pflanzenschlaf.

Die Blätter vieler Pflanzen aus der Familie der Hülsenfrüchtler oder Leguminosen, der Oxalideen und anderer zeigen eine verschiedene Lage bei Tag und Nacht (Fig. 34). Die Fiederblättchen der

*) Der Versuch ist mir selten gelungen.

falschen Akazie, *Robinia pseudacacia* stehen, wenn sie von direktem Sonnenlichte getroffen werden, schief aufwärts, in diffusem Lichte mehr oder minder horizontal und nach Sonnenuntergang oder Nachts sind sie nach abwärts gekehrt, so daß sie sich mit ihren Unterseiten berühren. Man sagt dann: sie „schlafen“ und diese nächtliche Lage

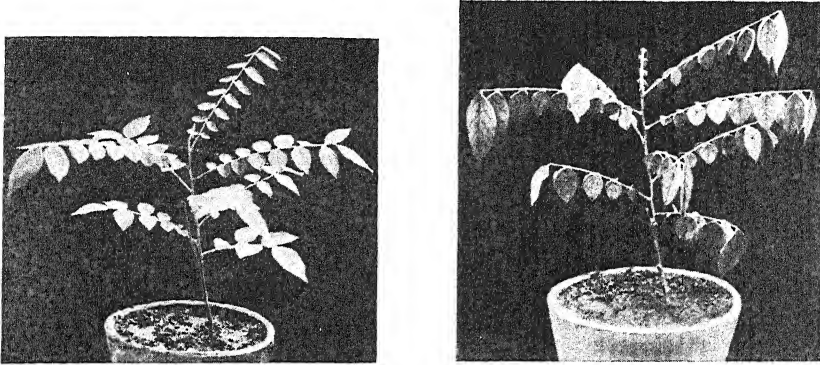


Fig. 34. *Averrhoa carambola*. Links Tagesstellung der Blätter. Rechts Nachtstellung der Blätter. Original.

der Blätter wird seit Linné als „Pflanzenschlaf“ bezeichnet. Der Ausdruck ist nicht glücklich gewählt, denn diese Erscheinung hat mit dem Schlaf der höheren Tiere und des Menschen gar nichts zu tun.

So wie die Blättchen der falschen Akazie verhalten sich die vieler anderer Leguminosen, aber es kommt auch vor, daß die Fiederblättchen nachts sich nicht nach abwärts, sondern nach aufwärts kehren, wie z. B. bei der giftigen Kronwicke, *Coronilla varia* und dem Wiesenklee, *Trifolium pratense*.

Der Sauerklee, *Oxalis acetosella*, stellt seine verkehrt-herzförmigen dreizähligen Blätter in diffusem Lichte mehr oder weniger wagerecht, in der Nacht aber abwärts. — Auch außerhalb der beiden genannten Familien gibt es schlafende Pflanzen, es sei hier nur an *Amarantus Blitum* erinnert, dessen junge, noch wachsende Blätter sich Nachts nach unten wenden, ferner an den Tabak, *Nicotiana tabacum*, dessen junge Blätter sich Nachts nach aufwärts richten, an das Springkraut, *Impatiens noli tangere*, an *Chenopodium*- und *Atriplex*-Arten. Schlafbewegungen oder nyktinastische Bewegungen, wie sie auch genannt werden, finden sich auch bei vielen Blüten: *Chrysanthemum frutescens*, *Anthemis arvensis* und *Matricaria*

chamomilla, hier sind es die Strahlblüten, die sich nachts nach abwärts senken, bei der Saubohne, *Vicia faba*, und bei der Erbse, *Pisum sativum*, liegen die bei Tage abstehenden Flügel Nachts dem Schiffchen an.

Und was ist die Ursache der Schlafbewegung? Der Beleuchtungswechsel von Tag und Nacht. Wird eine Pflanze mit nyktinastischen Bewegungen diesem entzogen, also dauernd beleuchtet oder verfinstert, so hört die Rhythmik der periodischen Bewegungen nicht gleich auf, sondern dauert noch einige Zeit an, gleich wie ein in Schwingung versetztes Pendel auch nicht sofort zur Ruhe kommt, sondern erst nach und nach.

Standen die Pflanzen früher unter dem Einfluß eines 12stündigen Beleuchtungswechsels, so wird dieser Rhythmus zunächst auch bei dauernder Verfinsterung noch sich geltend machen, erst wenn sich infolge des langen Lichtentzuges krankhafte Störungen einstellen, tritt eine Starre ein und die Blattbewegung hört auf.

Daß der Beleuchtungswechsel tatsächlich die Ursache der Schlafbewegung ist, geht auch daraus hervor, daß man den unter normalen Verhältnissen eintretenden 12stündigen Rhythmus durch entsprechende Belichtungs- und Verfinsterungsdauer in einen 3 oder 6stündigen Rhythmus umwandeln und der Pflanze aufzwingen kann.

Auf die verschiedenen Ansichten über die Bedeutung des Schlafes soll hier nicht eingegangen werden, weil die von Darwin und Stahl geäußerten einer strengen Kritik (Goebel) nicht standhalten können.

Nur das eine steht fest, daß die Ausstrahlung von Wärme durch die vertikale Einstellung während der Nacht verringert wird und sich daher das Blatt weniger abkühlt als bei horizontaler Lage.

Die Mechanik der Schlafbewegung beruht darauf, daß der Turgor sich an der Ober- und Unterseite des Blattes in entgegengesetztem Sinne ändert. Die Leguminosen und Oxalideen besitzen an der Basis ihrer Blättchen eine polsterartige Anschwellung, ein sogenanntes Gelenk. Wenn das Blättchen sich Abends anschickt, sich nach abwärts zu senken, so geschieht dies, weil der Turgor oberseits zu und unterseits abnimmt, daher verlängert sich die Oberseite des Gelenkes und die Unterseite verkürzt sich. Wendet sich das Blättchen nach aufwärts, so ist es umgekehrt. Es handelt sich um Turgoränderungen auf zwei entgegengesetzten Seiten. Solche finden auch bei schlafenden Blättern ohne Gelenke statt.

H. Vom Erfrieren und Gefrieren der Pflanze³²⁾.

Schon wenn die Vegetation dem ersten starken Herbstfrost anheimfällt, kann man beobachten, daß die Pflanzen gegen Temperaturen unter Null sehr verschieden widerstandsfähig sind. Die einen werden getötet, die anderen bleiben am Leben. Dahlien, Ageratum, Pelargonium, Lobelien, Calendula, Brennesseln, Hanf und Kartoffeln erweisen sich als sehr empfindlich, ihre Blätter sterben, wenn ihr Saft zu Eis gefriert.

Ganz entgegengesetzt aber verhalten sich zahlreiche andere Pflanzen. Das Gänseblümchen, *Bellis perennis*, das Veilchen, *Viola odorata*, die Goldnessel *Galeobdolon luteum*, der Efeu, die Brombeere, die Tanne, Fichte, Föhre und zahlreiche andere Gewächse, die unsere strengsten Winter überdauern, können beinhart gefrieren, wochen-, ja monatelang im gefrorenen Zustande verharren, ohne Schaden zu erleiden. Es ist zweckmäßig, zwischen Erfrieren und Gefrieren der Pflanze zu unterscheiden. Unter Erfrieren einer Pflanze versteht man eine Schädigung oder ein Absterben infolge niederer Temperatur oder Kälte, unter Gefrieren hingegen die Erstarrung des Saftes zu Eis. Das kann eine Schädigung zur Folge haben, es muß aber nicht sein. Eine Pflanze, die gefriert, muß also nicht erfrieren.

Welken und Erfrieren. Die krautigen Pflanzen unserer Winterflora, erscheinen, wenn die Temperatur unter den Eispunkt gesunken ist, welk und schlaff. Die Blätter der Schwertlilie, die im Sommer straff aufwärts gerichtet sind, liegen im Winter flach und schlapp auf dem Boden. So verhalten sich auch das im hartgefrorenen Boden stehende Wintergetreide, der Winterraps, das Schöllkraut, *Viola*-Arten und das Löwenmaul. Was ist die Ursache des Welkens? Bei niederer Temperatur nehmen die Wurzeln das Wasser langsam auf und da die Blätter trotzdem verhältnismäßig stark transpirieren, so kommt es in der Pflanze zu einem Wassermangel, die Turgeszenz der oberirdischen Organe nimmt ab und dies gibt sich durch Welken kund. Dazu kommt noch, daß bei andauernd niederen Temperaturen der Saft in der Pflanze größtenteils zu Eis erstarrt und die Wasserbewegung dadurch in hohem Grade gehemmt wird.

Namentlich tropische Pflanzen, wie Tabak, Bohne, Kürbis u. a. sind gegen niedere Temperaturen knapp über Null sehr empfindlich, sie welken, wenn ihre Wurzeln im kalten Boden oder in kaltem Wasser stehen, stark und können, wenn sie lange solcher niederen Temperatur ausgesetzt sind, verwelken und absterben.

Der Eistod. Wenn Pflanzenteile tieferen Temperaturen unter Null ausgesetzt werden, so erstarrt ihr Saft grobenteils zu Eis.

Eine Kartoffelknolle der Winterkälte ausgesetzt wird steinhart, beim Auftauen wird sie ziemlich weich und läßt das Wasser, weil sie beim Gefrieren abstirbt, nach dem Auftauen auspressen.

Viele Blätter, wie die der Dahlien, des Kürbis, der Gurke und vieler anderer gefrieren infolge der Eisbildung steif, sterben und werden nach dem Auftauen weich und schlaff, weil sie den Turgor ganz einbüßen.

Es ist nicht so sehr die niedere Temperatur an und für sich, sondern es ist die Eisbildung, die den Tod verursacht. Bei der Eisbildung, die sich entweder an der Außenwand der Zelle, in den Zwischenräumen zwischen den Zellen (Interzellularen), seltener in der Zelle selbst vollzieht, wird dem Protoplasma so viel Wasser entzogen, daß es dabei abstirbt. Der Eistod ist der Hauptsache nach auf einen zu großen Wasserverlust des Plasmas zurückzuführen.

Infolge der Kälte und der Eisbildung treten oft Spannungsunterschiede ein, die ein Zerreißen der Gewebe verursachen. Baumstämme zerbersten nicht selten in kalten Winternächten unter einem heftigen Knall, die Förster sagen dann: heute war es so kalt, daß die Bäume krachten. Es entstehen die sogenannten Frostspalten.

Stirbt die Pflanze erst beim Auftauen? Diese Frage wurde hart umstritten. Viele Praktiker huldigen heute noch der Ansicht, daß die Pflanze nicht schon beim Gefrieren, sondern erst beim Auftauen abstirbt, denn, sagen sie, eine gefrorene Pflanze könne am Leben bleiben, wenn man sie sehr langsam auftauen läßt, während sie beim raschen Auftauen abstirbt. Es gibt zwar Fälle, wo diese Ansicht zutrifft, doch dies sind Ausnahmen. So können *Agave americana*, gewisse Apfelsorten und einige andere Pflanzen steif gefrieren, und bei langsamem Auftauen gerettet werden, aber nicht bei raschem. In der Regel stirbt die Pflanze beim Gefrieren und es erscheint mehr oder weniger für ihre Rettung gleichgültig, ob sie rasch oder langsam auftaut, da sie schon im gefrorenen Zustande vom Tode ereilt wird.

Daß dem tatsächlich so ist, lehrt folgender Versuch. Wird ein grünes Blatt irgendeiner Begonie rasch etwa durch Eintauchen in siedendes Wasser, durch Einhängen in ein Luftbad von 60° C oder in Chloroformdampf getötet, so geht das Grün des Blattes in Braun über. Warum? In der Zelle ist das im alkalisch reagierenden Plasma liegende Chlorophyllkorn von dem säurereichen Zell-

saft räumlich getrennt. Im Momente des Todes hört diese räumliche Trennung auf, die Säure gelangt zum Chlorophyllfarbstoff, verändert ihn und färbt ihn braun. Diese Braunfärbung ist ein sicheres Zeichen des Todes.

Läßt man nun ein grünes Begoniablatt, welches sehr reich an Säure ist, in der Winterkälte steif gefrieren, so wird es ganz steif und wird braun, ein Beweis, daß es bereits im gefrorenen Zustand vom Tode ereilt wird. Dasselbe Experiment gelingt auch mit dem Sauerklee, *Oxalis acetosella*.

Die Stellung mancher Blätter bei Temperaturen unter Null. Bei einem Spaziergang an einem kalten Wintertag kann man bemerken, daß in Garten- und Parkanlagen gepflanzte Rhododendron-Arten ihre Blätter senken. Es ist auffallend, wie rasch sich die Senkung vollzieht. Wird eine Topfpflanze von *Rhododendron maximum* ins Freie gebracht, wo eine Temperatur von etwa 5—10° unter Null herrscht, so senken sich die Blätter schon innerhalb 5 Minuten. Ähnlich verhalten sich die Blätter von *Aucuba japonica*, einem häufig kultivierten japanischen Strauch, der in Wien gegen Wind geschützt, auch im Winter im Freien aushält. Seine Blätter senken sich, falls die Temperatur unter den Eispunkt sinkt und der Saft des Blattstieles zu Eis erstarrt, im Bogen nach abwärts. Beim Auftauen kehrt das Blatt wieder in seine frühere schiefe oder horizontale Lage zurück.

I. Die Lebensdauer und ihre Feststellung bei einigen Pflanzen³³⁾.

Die Lebensdauer bietet so interessante, in die Biologie der Gewächse so tief einschneidende Probleme, daß ich auch hier in diesem kleinen Buche an dieser wichtigen Erscheinung nicht vorübergehen will. Ausführliches darüber findet man in meinem Buche „Die Lebensdauer der Pflanze“, Jena 1929, bei G. Fischer. Hier soll nur einiges, was durch einfache Beobachtung und Experimente leicht veranschaulicht werden kann, vorgebracht werden.

a)

Wie kann das Alter einer Pflanze bestimmt werden?

Wie alt ist ein Baum, ein Strauch, ein Moos oder irgendeine andere Pflanze? Diese Frage erscheint auf den ersten Blick sehr einfach, aber es ist nicht möglich, sie in jedem Falle zu beantworten. Bei den dikotylen Blütenpflanzen können wir aus der Zahl der

Jahresringe das Alter feststellen, aber bei den Monokotylen gibt es keine Jahresringe, desgleichen auch nicht bei den Farnen und Moosen und daher haben wir bei diesen Pflanzen gewöhnlich kein sicheres Kennzeichen für das Alter.

b)

Laubmoose.

Bei den Laubmossen finden sich im Stämmchen keine anatomischen Anhaltspunkte für das Alter. Es ist daher nicht möglich, das Alter auf diesem Wege zu bestimmen; wohl aber besteht die Möglichkeit dazu bei gewissen Arten auf morphologischem Wege.

Da, wo bei dem Moose eine regelmäßige Aufeinanderfolge von Achsen verschiedener Ordnung sich findet, deren jede ein begrenztes Wachstum zeigt, kann das Alter bestimmt werden. Dies ist z. B. bei dem Widertonmoos, *Polytrichum* der Fall. Hier bilden die männlichen Blütenstände (Antheridien) Scheibchen an der Stammspitze. Nach der Blüte wächst der Stengel durch das Scheibchen weiter. Ein Jahr später bildet der Stengel an seiner Spitze wieder ein Scheibchen, auch durch dieses sproßt das Stämmchen neuerdings durch und dieser Vorgang kann sich mehrmals wiederholen.

So findet man an der männlichen Pflanze von *Polytrichum* oft mehrere Antheridienscheibchen übereinander und aus ihrer Zahl kann man, da jedes Jahr nur eines entsteht, das Alter des Stämmchens bestimmen, wie aus der Fig. 35 zu ersehen ist. Von den je ein Jahr bedeutenden Stockwerken fand ich bei einer *Polytrichum*-Art bis 5, aber wirklich lebend nur den letzten oder die zwei letzten Jahrestriebe.

Untersucht man ein Laubmoosstämmchen von oben nach unten, so zeigt sich, daß die Blätter mit dem Alter an Frische einbüßen, sich bräunen, zersetzt werden und schließlich ver-

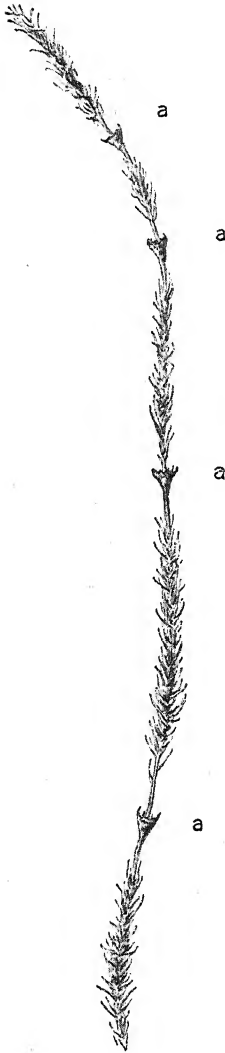


Fig. 35. *Polytrichum* sp. Stamm mit fünf durch die Antheridienscheiben *a* abgegrenzten Jahrestrieben. Natürl. Größe. Original.

schwinden, so daß das Stämmchen nackt wird. Schließlich kann auch dieses der Vermoderung anheimfallen und diese führt zur Ausbildung einer ausgezeichneten Humusschicht. Bei den meisten Moosen läßt sich der tote Teil des Stämmchen nur auf eine kurze Strecke nach unten verfolgen. Bei manchen aber bleibt der Stengel auf eine weite Länge erhalten. Dies ist der Fall bei den Torfmoosen oder Sphagneen und bei solchen Moosen, deren untere Teile der Stämmchen mit kohlen-saurem Kalk inkrustiert werden, so daß sich daraus mächtige Tuff-lager bilden, wie dies z. B. bei *Gymnostomum curvirostrum* an kalk-reichen Quellen beobachtet werden kann.

c)

Lycopodium.

Die Bärlapp-Art, *Lycopodium annotinum*, hat gleichfalls einen stockwerkartigen Aufbau, ähnlich wie das Laubmoos *Polytrichum*. Die Blätter jedes Jahrestriebes stehen von der Basis bis nahe zur Spitze horizontal oder schief nach abwärts von der Sproßachse ab. An der Spitze jedes Jahrestriebes aber werden sie kleiner und neigen, nach aufwärts gerichtet, zu einem Knöspchen zusammen. Durch diese Knöspchen wird eine ziemlich deutliche Grenze zwischen den einzelnen jährlichen Zuwächsen des Sprosses kenntlich, so daß man die Zahl der noch mit lebenden Blättern versehenen jährlichen Sproßachsen und somit die Lebensdauer der Blätter und der dazu gehörigen Achsen bestimmen kann. Eine Untersuchung zahlreicher Individuen ergibt, daß der Stengel von *Lycopodium annotinum* unter günstigen Umständen 3—7 Jahre alt wird.

d)

Polygonatum und andere Wurzelstockpflanzen.

Polygonatum officinale, die Weißwurz, eine in Laubwäldern und auf buschigen Hügeln weit verbreitete Pflanze, besitzt einen unterirdischen Wurzelstock, an dem durch das Absterben der ober-irdischen Stengel große deutliche Narben zurückbleiben. Diese haben der Pflanze den Namen „Salomonssiegel“ eingetragen. Es handelt sich hier um ein fleischiges, wagerecht kriechendes Rhizom mit sehr deutlich durch Narben abgegrenzten Stockwerken oder Internodien (Fig. 36). Da jedes Stockwerk dem jährlichen Zuwachs des Wurzelstockes entspricht, so läßt sich aus der Zahl der Internodien bzw. der Narben das Alter des

ganzen lebenden Wurzelstockes und jedes einzelnen Stengelgliedes feststellen.

Der Wurzelstock wächst an der Spitze weiter und stirbt von hinten her ab. Seine Lebensdauer kann 15 Jahre währen und ebenso alt kann das älteste Internodium werden.

Wie sich bei anderen Pflanzen leicht feststellen läßt, kann das älteste Internodium des Wurzelstockes ein Alter erreichen bei:

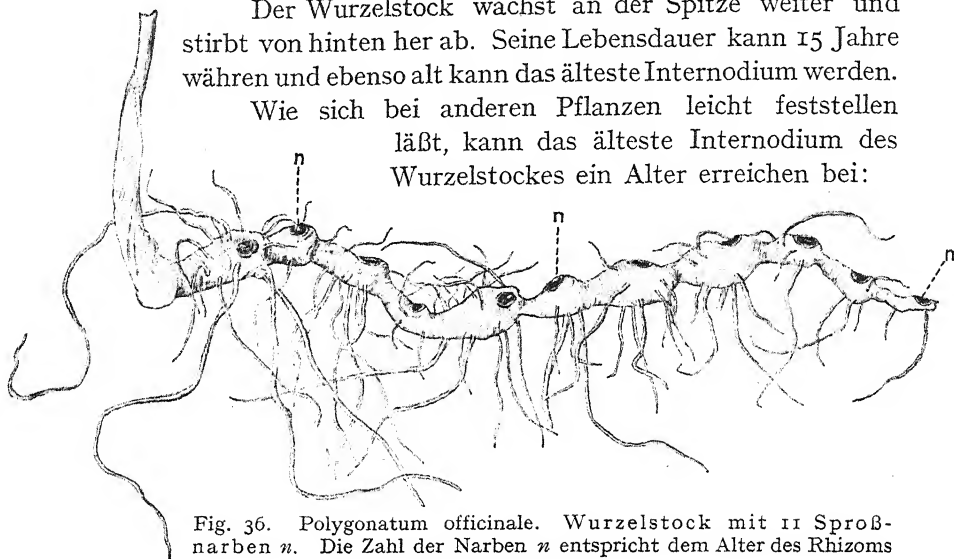


Fig. 36. *Polygonatum officinale*. Wurzelstock mit 11 Sproßnarben *n*. Die Zahl der Narben *n* entspricht dem Alter des Rhizoms in Jahren. Original.

| | |
|--------------------------------------|--------------|
| <i>Anemone ranunculoides</i> | von 7 Jahren |
| <i>Polygonatum latifolium</i> | „ 8 „ |
| <i>Asarum europaeum</i> | „ 14 „ |
| <i>Polygonatum multiflorum</i> | „ 17 „ |
| „ <i>verticillatum</i> | „ 17 „ |
| <i>Anthericum ramosum</i> | „ 17 „ |
| <i>Paris quadrifolia</i> | „ 17 „ |

e)

Alter der Bäume.

Bei den holzigen Dikotylen gibt uns der Jahresring des Holzkörpers ein ausgezeichnetes Mittel an die Hand, das Alter eines Baumes zu bestimmen. Der Jahresring entspricht dem jährlichen Holzzuwachs. Die Jahresringgrenze kommt dadurch zustande, daß das dichte Herbstholz und das lockere Frühlingsholz ohne Übergang aneinander grenzen. Bei scharfer Ausbildung der Jahresringgrenze, wie man sie im Walde am Querschnitt gefälltter Stämme der Fichte, Tanne, Föhre, Lärche, Eiche, Ulme, der falschen Akazie u. a. leicht beobachten kann, gelingt es bequem, die Jahresringe zu zählen und so das Alter des Baumes zu bestimmen. Ist der

Jahresring sehr schmal und beträgt seine Dicke nur Bruchteile eines Millimeters, wie das bei Gehölzen des hohen Nordens der Fall ist, dann stößt die Zählung schon auf Schwierigkeiten und kann oft nicht mehr mit freiem Auge ausgeführt werden. Noch mehr gilt dies von tropischen Bäumen, die oft das ganze Jahr hindurch sich unter fast gleichen meteorologischen Verhältnissen befinden und nicht so scharf voneinander geschiedenen Jahreszeiten unterworfen sind. Tropische Bäume lassen daher oft keine oder nur sehr undeutliche Jahresringe erkennen und in solchen Fällen ist eine Zählung der Jahresringe zumal mit freiem Auge gar nicht möglich. Das ist der Grund, warum wir über das Alter vieler Gewächse nicht genau unterrichtet sind und wir uns vielfach mit einer bloßen Schätzung begnügen müssen. Eine solche ist aber oft sehr trügerisch und fällt gewöhnlich, zumal viele Menschen für Übertreibungen eine Schwäche haben, zu hoch aus. Wenn man von tausendjährigen Linden, Eichen und Eiben spricht, so handelt es sich, falls keine historischen Aufzeichnungen vorliegen oder keine Zählung der Jahresringe möglich ist, sehr häufig um Überschätzungen des Alters. Mit Sicherheit wissen wir aber doch, daß die maximale Lebensdauer verschiedener Blütenpflanzen zwischen etwa 5000 (*Adansonia digitata*) und 1 Jahr oder Bruchteilen eines Jahres betragen kann.

f)

Ungleiche Lebensdauer der beiden Geschlechter.

Vornherein möchte man glauben, daß die männliche, einjährige Pflanze früher abstirbt, denn wenn sie ihren Pollen entwickelt und die Befruchtung der weiblichen Blüten vermittelt hat, so ist ja ihre Aufgabe erfüllt und eine weitere Vegetation des Individuums erscheint unnötig. Das Weibchen aber hat noch für die Ausbildung der Früchte zu sorgen, sie bedarf dazu ihrer Assimilationsorgane, der Blätter, und muß aus diesem Grunde ihr Leben noch bis zur vollständigen Reife ihrer Frucht ausdehnen.

Beim Hanf kam ich zu folgenden Ergebnissen. Am 2. Juni 1918 wurden in einem Garten etwa 100 Hanfsamen ausgesät und gepflegt. Die Sämlinge wuchsen gut heran, blühten im Juli und August, aber schon Mitte August begannen die Männchen zu vergilben, während die Weibchen noch tiefgrün waren. Zwischen dem 1.—15. September starben die Männchen, vertrockneten von unten nach oben, wurden strohig, während die Weibchen fast

durchwegs noch grün waren und erst Anfang Oktober unter Reifung der Samen eingingen. Nach diesem Versuche lebten die Weibchen des Hanfs um 2—4 Wochen länger als die Männchen.

Auch bei der Feldkultur des Hanfes kann man sich leicht überzeugen, daß die Männchen früher absterben als die Weibchen. Nachdem die Männchen abgestäubt haben, setzt alsbald die Vergilbung der Blätter und des Stengels ein, er wird strohig, während die Weibchen noch viel länger tiefgrün und am Leben bleiben. Bei Villach in Kärnten sah ich am 20. Aug. auf den Feldern die Männchen in großer Zahl schon abgestorben, die Weibchen noch in voller Üppigkeit.

An der Zwitterblüte vieler Pflanzen kann man gleichfalls beobachten, daß die männlichen Organe, d. h. das Andröceum, früher abstirbt als die dem Gynöceum angehörende Narbe und der Griffel. Dies zeigen die Blüten der Glockenblume und die des Storchschnabels, *Geranium*.

g)

Die Blüten.

Bei Spaziergängen in Wald und Flur kann man leicht beobachten, daß die Blüten von sehr verschiedener Dauer sind. So gibt es eine Reihe von Blüten, die sehr kurzlebig sind und kaum einen Tag dauern. Man nennt solche Blumen „Eintagsblüten“ oder ephemere. Hierher gehören: der Reiherschnabel, *Erodium cicutarium*, der steife Sauerklee, *Oxalis stricta*, der Portulak, *Portulaca oleracea*, der Sonnentau, *Drosera longifolia*, das Sonnenröschen, *Helianthemum chamaecistus*, der Feldspargel, *Spergula arvensis* u. a.

So öffnet sich:

| | |
|---------------------------------|---|
| <i>Oxalis stricta</i> | um 8—9 Uhr vorm. u. schließt sich um 3—4 Uhr nachm. |
| <i>Erodium cicutarium</i> | „ 8—9 „ „ „ „ „ „ 4—5 „ „ |
| <i>Drosera longifolia</i> | „ 9—10 „ „ „ „ „ „ 2—3 „ „ |
| <i>Helianthemum chamaec-</i> | |
| <i>cistus</i> | „ 7—8 „ „ „ „ „ „ 1—3 „ „ |
| <i>Portulaca oleracea</i> | „ 10—11 „ „ „ „ „ „ 3—4 „ „ |

Untersucht man eine große Zahl von Eintagsblüten auf ihre Lebensdauer, so ergibt sich, daß diese 3—14 Stunden betragen kann.

Die Zeiten des Aufblühens und Schließens können je nach dem Wetter und dem Klima innerhalb gewisser Grenzen schwanken,

die angegebenen Zeiten dürfen daher nur als annähernde betrachtet werden.

Eintagsblüten öffnen sich entweder zwischen dem Fröhnmorgen und Mittag oder aber mit eintretender Dämmerung oder in der Nacht. Daran reihen sich jene Blüten, die zwischen 5—7 Uhr abends aufgehen, die ganze Nacht und auch den nächsten Vormittag offenbleiben und sich erst gegen Mittag oder Abend, meistens 24 Stunden nach dem Öffnen, schließen. Dazu gehört der Stechapfel, *Datura stramonium*, die Nachtkerze, *Oenothera biennis*, die Wunderblume, *Mirabilis jalapa*. Diese Blüten öffnen und schließen sich nur einmal, es gibt aber auch solche, die sich mehrmals öffnen und schließen und deren Dauer demgemäß eine längere ist. So verhalten sich *Glaucium corniculatum* und *G. luteum*, der Hornmohn, *Papaver alpinum*, der Alpenmohn, *Linum tenuifolium*, der feinblättrige Lein, *Rubus idaeus*, die Himbeere und *Potentilla recta*, das aufrechte Fingerkraut. Nun folgt eine Tabelle über die Dauer nicht ephemerer Blüten auf Grund von Kerners und meinen Beobachtungen:

| Name der Pflanze | Blüten-dauer in Tagen | Name der Pflanze | Blüten-dauer in Tagen |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| <i>Centunculus minimus</i> | 2 | <i>Digitalis purpurea</i> | 6 |
| <i>Dianthus prolifer</i> | 2 | <i>Hemerocallis flava</i> | 6 |
| <i>Epilobium collinum</i> | 2 | <i>Ranunculus acer</i> | 7 |
| <i>Geranium pratense</i> | 2 | <i>Eranthis hiemalis</i> | 8 |
| <i>Papaver somniferum</i> | 2 | <i>Hepatica triloba</i> | 8 |
| <i>Potentilla atrosanguinea</i> | 2 | <i>Parnassia palustris</i> | 8 |
| <i>Rosa arvensis</i> | 2 | <i>Cyclamen europaeum</i> | 10 |
| <i>Saponaria vaccaria</i> | 2 | <i>Crocus sativus</i> | 12 |
| <i>Sinapis arvensis</i> | 2 | <i>Vaccinium oxycoccos</i> | 18 |
| <i>Veronica aphylla</i> | 2 | <i>Cattleya labiata</i> | 30 |
| <i>Lonicera caprifolium</i> | 3 | <i>Vanda coerulea</i> | 30 |
| <i>Potentilla formosa</i> | 3 | <i>Cypripedium insigne</i> | 40 |
| <i>Agrimonia eupatorium</i> | 3 | <i>Odontoglossum sp.</i> | 40 |
| <i>Helianthemum alpestre</i> | 3 | <i>Dendrobium crassinode</i> | 42 |
| <i>Lychnis diurna</i> | 4 | <i>Epidendrum Lindleyanum</i> .. | 50 |
| <i>Sagina saxatilis</i> | 4 | <i>Phalaenopsis grandiflora</i> ... | 50 |
| <i>Fritillaria meleagris</i> | 5 | <i>Cypripedium villosum</i> | 70 |
| <i>Scilla sibirica</i> | 5 | <i>Odontoglossum Rossii</i> | 80 |
| <i>Erythraea centaurium</i> | 5 | <i>Phalaenopsis Schilleriana</i> ... | 90 |

Aus der Tabelle ersieht man, daß die Lebensdauer der Blüten, abgesehen von den Eintagsblüten, 2—90 Tage betragen kann.

Diese ist im Verhältnis zu der Lebensdauer anderer Organe dieser Gewächse eine geringe.

h)

Blattdauer.

Auch darüber lassen sich in der freien Natur leicht Beobachtungen machen. Man wird bald finden, daß die Lebensdauer im Verhältnis zu der der Blüten eine viel längere ist.

Die Blätter der einjährigen Pflanzen werden in günstigstem Falle so alt wie ihre Träger.

Moosblätter bleiben meist nur eine Vegetationsperiode am Leben, dann sterben sie unter Braunwerden ab.

Unter den Farnen gibt es zahlreiche Arten, deren Blätter innerhalb eines Jahres ihr Leben abschließen, desgleichen leben nur 1 Jahr oder nur eine Vegetationsperiode die Blätter vom Klee-farn, *Marsilia quadrifolia*, von *Selaginella*-Arten, der Natterzunge *Ophioglossum* und der Mondraute, *Botrychium*-Arten. Die Monokotylen bilden Blätter von sehr verschiedener Dauer. Bei zahlreichen Zwiebelgewächsen, Hyazinthe, Tulpe, Narzisse, *Fritillaria*, *Galanthus*, *Leucojum*, *Gagea*, *Scilla* und *Ornithogalum* erscheinen die Blätter zeitlich im Frühjahr, Blühen und Fruchten folgen alsbald darauf und bevor der Same erscheint, liegen die Blätter gewöhnlich bereits vergilbt oder vertrocknet am Boden. Das maximale Alter solcher Laubblätter dauert oft nur ein bis wenige Monate.

Das andere Extrem finden wir bei zahlreichen Palmen, deren Blätter oft mehrjährig sind.

Bei Gymnospermen und dikotylen Gehölzen ist es nicht immer möglich, das Alter der Blätter zu bestimmen, aber bei manchen haben wir ein sicheres Mittel dafür. Es läßt sich sowohl bei vielen Nadel- wie auch Laubhölzern das Alter der Zweige schon äußerlich beurteilen, weil die einer Vegetationsperiode entsprechenden Zuwachsstücke stockwerkartig aneinander gereiht sind und sich durch satzweise verschiedene Zweigdicke, Verschiedenheit der Rindenfärbung der einzelnen Jahrestriebe, durch die von den Knospenschuppennarben herrührende Ringelung oder durch gedrängte Blattstellung am Beginne des Jahres zu erkennen geben. Falls solche Kennzeichen fehlen, dann kann das Alter bei Dikotylen auch durch Zählen der Jahresringe des betreffenden Zweiges, auf dem das Blatt aufsitzt, festgestellt worden. Zur Veranschaulichung diene folgende Tabelle:

| Name der Pflanze | Blattdauer in Jahren |
|----------------------------------|----------------------|
| <i>Pinus silvestris</i> | 2 und mehr |
| „ <i>laricio</i> | 3—6 |
| „ <i>cembra</i> | 3—6 |
| <i>Taxus baccata</i> | 6—8 |
| <i>Abies excelsa</i> | 3—5 |
| <i>Abies pectinata</i> | 5—10 |
| <i>Nerium oleander</i> | 1—3 |
| <i>Olea europaea</i> | 2 |
| <i>Prunus laurocerasus</i> | 1—3 |
| <i>Laurus nobilis</i> | 4 |
| <i>Ilex aquifolium</i> | 2—4 |
| <i>Hedera helix</i> | 1—2.3 |

Anschließend mögen noch einige Beobachtungen hier Platz finden, die ich während meines fast 3jährigen Aufenthaltes in Japan gemacht habe.

| | Maximales Alter der Blätter in Jahren |
|---------------------------------------|--|
| <i>Ligustrum japonicum</i> | 2 |
| <i>Ilex crenata</i> | 2 |
| <i>Quercus</i> sp. | 2 |
| <i>Aucuba japonica</i> | 2—3 |
| <i>Thea Sasanqua</i> | 2 |
| <i>Evonymus japonica</i> | 1—2 |
| <i>Thea japonica</i> | 2 |
| <i>Viburnum odoratissimum</i> | 2 |
| <i>Lomaria japonica</i> | 2 |
| <i>Ilex latifolia</i> | 3 |
| <i>Cryptomeria japonica</i> | 4 |
| <i>Pinus densiflora</i> | 2 |
| <i>Pasania</i> sp. | 4 |
| <i>Illicium anisatum</i> | 2—4 |
| <i>Torreya nucifera</i> | 5 |
| <i>Litsea japonica</i> | 5—7 |
| <i>Osmanthus aquifolium</i> | 5 |
| <i>Sciadopitys verticillata</i> | 8 |
| <i>Abies firma</i> | 15 |

Bei dieser Gelegenheit sei bemerkt, daß sich verschiedene Laubholzarten auch hinsichtlich des Eintretens der Belaubung oft auffallend voneinander unterscheiden. Die Beobachtung eines Mischwaldes oder einer Baumallee im Frühling zur Zeit des Laubausbruches läßt dies deutlich erkennen. Ja, selbst bei ein und derselben Pflanzenart, z. B. bei der Buche oder bei der Roßkastanie und der Linde, kann man beobachten, daß einzelne Individuen unter gleichen Standortsverhältnissen nicht zur selben Zeit austreiben, sondern die einen früher, die anderen später, und daß sie diesen Rhythmus in gleicher Weise einhalten. Da die Nachkommen solcher Pflanzen sich im Früher- oder Späteraustreiben wieder wie die Eltern verhalten, handelt es sich hier wohl um eine erbliche Eigenschaft.

i)

Die Vergilbung der Blätter³⁴⁾.

Im Frühling und Sommer erscheint uns der Wald im heimischen Klima grün, aber schon beim Herannahen des Herbstes beginnt sich das Laub zu verfärben und dann treten verschiedene Farbtöne auf: bald gelb, bald braun, bald braunrot oder rot. Dieses bunte Farbenspiel ist so schön und stimmungsvoll, daß man sich das herbstliche Landschaftsbild ohne diese Mannigfaltigkeit von Farbtönen gar nicht denken kann. In Japan und Nordamerika erscheint diese Farbensymphonie noch um vieles gesteigert, weil die in den Wäldern so häufig vorkommenden Sumach- (Rhus) und Ahornarten die Fähigkeit, roten Farbstoff im Herbst auszubilden in besonderem Grade besitzen und dadurch dem Farbenkleid des japanischen und nordamerikanischen Waldes einen das Auge hochbefriedigenden Farbenton verleihen.

Wesentlich bei der Verfärbung ist das Verschwinden des Chlorophylls und das Aufscheinen gelber Farbstoffe, das mit dem Ausdrucke „Vergilbung“ besonders gekennzeichnet wird.

Es soll zunächst durch einfache Versuche gezeigt werden, wie äußere Faktoren die Vergilbung beeinflussen, z. B. Licht, Temperatur, Sauerstoff u. a.

Lichtabschluß.

Bei aufmerksamer Beobachtung der sich herbstlich verfärbenden Blätter läßt sich oft feststellen, daß die Blätter im Innern der Baumkrone viel früher vergilben als außen, wo das volle Licht Zutritt.

Blätter, die sich gegenseitig beschatten, vergilben oft früher als die unbeschatteten.

Ein für Vergilbungsversuche sehr geeignetes Blatt ist das der Kapuzinerkresse, *Tropaeolum majus*. Mit diesem läßt sich durch einen einfachen Versuch zeigen, daß Lichtentzug die Vergilbung begünstigt. Das Experiment gelingt am besten im September und Oktober, wenn die Blätter schon die Neigung zur Vergilbung besitzen.

Ich nehme ein am Stocke befindliches Blatt, bedecke die Spreite zur Hälfte ringsum mit schwarzem, lichtdichtem Papier. Nach 4 Tagen ist die verfinsterte Hälfte schon gelb, die belichtete aber immer noch grün (Fig. 37).

Aber nicht alle Blätter sind gegen Luftabschluß so empfindlich wie die von *Tropaeolum*. So läßt sich durch dauernde Verfinsterung leicht zeigen, daß Fichten-, Tannenzweige, *Aspidistra*, *Aucuba*, *Taxus*, *Vinca* 120 Tage im Finstern verweilen können, ohne zu vergilben.

Temperatur.

Da die Vergilbung gewöhnlich im Spätherbst beim Sinken der Temperatur eintritt, so konnte man vermuten, daß niedrigere Temperatur die herbstliche Vergilbung begünstigt. Dies scheint der Tatsache zu widersprechen, daß ja auch in den Tropen das Vergilben des Laubes eine häufige Erscheinung ist, obwohl ja hier von einem Sinken der Temperatur oft nichts zu bemerken ist.

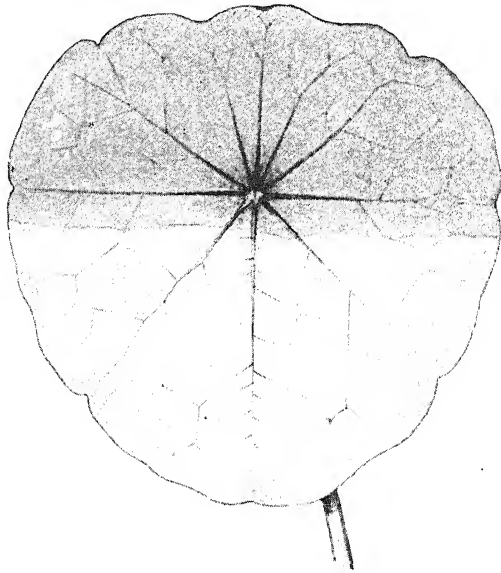


Fig. 37. *Tropaeolum majus*. Die untere Hälfte der Blattspreite wurde am 23. X. mit schwarzem Papier ringsum umhüllt, die obere Hälfte blieb dem Lichte ausgesetzt. Nach 4 Tagen war die verfinsterte Hälfte fast ganz gelb, die belichtete dagegen völlig grün. Original.

Der folgende Versuch gibt über unsere Frage Aufschluß. *Tropaeolum*-Blätter werden von Freilandpflanzen abgeschnitten, mit ihren Stielen in mit Wasser versehene Trinkgläser und dann im Finstern bei verschiedenen Temperaturen aufgestellt, z. B. im warmen Zimmer und im Keller. Je mehr die Temperatur der Versuchsräume voneinander abweicht, desto klarer erscheint das Ergebnis, denn stets zeigt es sich, daß höhere Temperatur die Vergilbung in hohem Grade begünstigt.

Sauerstoff.

Man nehme ein Glas Wasser und tauche ein vor der baldigen Vergilbung stehendes Blatt so ins Wasser, daß die eine Hälfte untergetaucht ist und die andere in Luft ragt. Nach etwa 4 Tagen vergilbt der in die Luft ragende Teil, während der in Wasser befindliche seine Farbe noch nicht geändert hat. Der Versuch verläuft im Finstern.

Es sei ein bestimmter Versuch genauer geschildert. Fünf Lindenblätter (*Tilia parvifolia*) frisch gepflückt, wurden Mitte Oktober zu einem Drittel in Wasser getaucht, die übrigen zwei Drittel ragten

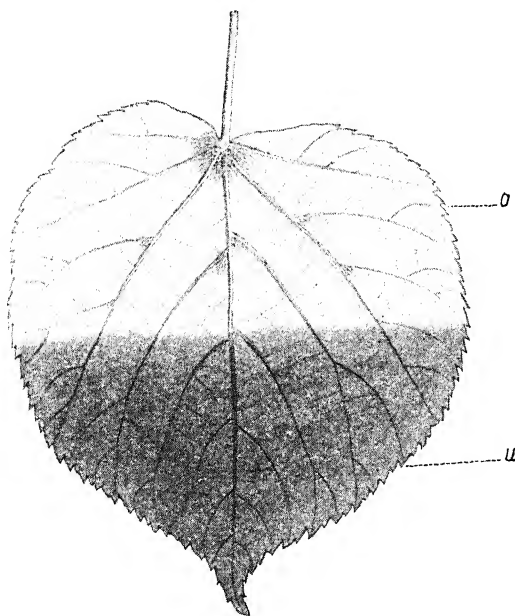


Fig. 38. Blatt der Linde, *Tilia parvifolia*. Notwendigkeit des Sauerstoffes für die Vergilbung. Das Blatt befand sich 4 Tage bei 20° C mit seiner unteren Hälfte (Blattspitze) *u* in Wasser, mit seiner oberen *o* in Luft. Nur diese Hälfte vergilbte, jene aber nicht. Natürl. Größe. Original.

in Luft. Das Wasser wurde jeden zweiten Tag gewechselt, um Fäulnis zu verhüten. Die Versuche standen im Finstern bei einer Temperatur von 15—20° C. Nach 4 Tagen waren die Blätter, soweit in Luft ragend, gelb, soweit in Wasser tauchend, grün (Fig. 38). Die Grenze zwischen Gelb und Grün war gewöhnlich sehr scharf. Obwohl das Wasser sicherlich etwas Sauerstoff absorbiert enthielt, war er doch für das Vergilben unzureichend, ein Beweis, daß für die Vergilbung ziemlich viel Sauerstoff notwendig ist.

Das Vergilben, eine Alterserscheinung.

Die Natur kommt dem Biologen oft entgegen und offenbart ihm mitunter Geheimnisse, ohne daß er erst Versuche zu machen braucht; er muß nur richtig zu schauen und das Geschaute richtig zu deuten verstehen. Daß die Vergilbung des Laubes eine Alterserscheinung ist, lehrt eine aufmerksame Betrachtung der vergilbenden Blätter im Walde oder im Garten. Ich sprach mich darüber an einem anderen Orte folgendermaßen aus: „Unter normalen Verhältnissen stellt sich die Vergilbung erst in einem gewissen Alter des Blattes ein. Altersunterschiede von wenigen Tagen können sich beim Eintreten der Vergilbung geltend machen. An einem Zweige tritt die Gelbfärbung des Laubes gewöhnlich in akropetaler Reihenfolge ein: die untersten Blätter des Zweiges vergilben zuerst,

dann folgen die mittleren und endlich die an der Spitze, die jüngsten. Obwohl die Blätter im Frühjahr innerhalb 2—3 Wochen nacheinander am Zweige entstehen, sich also nur durch geringe Lebensdauerunterschiede auszeichnen, tritt doch die Vergilbung in vielen Fällen streng nach der Altersfolge ein.

Bäume, die im Frühjahr aus irgendwelchem Grunde um einige Tage früher austreiben als andere derselben Art, zeigen auch um einige Tage die Vergilbung früher. Gehölze, deren Äste vor dem Austreiben tief hinab gestutzt wurden und sich daher später belaubten, behalten die Blätter, weil sie jünger sind, im Herbst länger grün. Bäume, die infolge der Sommerdürre ihr Laub früher abwarfen und im Spätsommer nochmals austrieben, bleiben bis spät in den Herbst hinein grün. Obwohl diese jungen Blätter unter Bedingungen stehen, die die Vergilbung begünstigen, vergilben sie nicht und werden nicht selten in noch grünem Zustande von starken Herbstfrösten vernichtet. Dies alles zeigt deutlich, daß wenigstens unter normalen Verhältnissen der Eintritt der Gelbfärbung in der Regel an ein gewisses Alter des Blattes gebunden ist. Das Vergilben ist also eine Alterserscheinung. Damit soll aber nicht gesagt sein, daß die Gelbfärbung nicht auch schon bei jungen Blättern unter künstlichen Bedingungen hervorgerufen werden kann. Sowie man durch Hemmung der Transpiration, durch Lichtmangel oder durch Tabakrauch schon im Frühjahr Laubfall hervorrufen kann, also schon zu einer Zeit, da noch gar keine Neigung zum Abwerfen des Laubes besteht, so kann man auch die Vergilbung noch junger, nicht ausgewachsener Blätter durch Schaffung bestimmter äußerer Bedingungen herbeiführen. Ausgezeichnet gelingt dies, wofern man noch nicht ausgewachsene, grüne *Tropaeolum*-Blätter im Finstern bei höherer Temperatur (27—30°) beläßt. Oder wenn man eingetopfte *Tropaeolum*-Pflanzen so wenig begießt, daß sie längere Zeit in schwach welkem Zustande oder durch Einpflanzen in sehr magere Erde im Hungerzustande erhalten werden. Unter solchen Umständen können schon recht junge Blätter frühzeitig zum Vergilben gebracht werden. Aber auch hier tritt die Vergilbung um so schwieriger ein, je jünger das Blatt ist.

Verzögerung der Vergilbung.

Das Vergilben kann durch bestimmte Eingriffe und Reize, die eine bessere Ernährung bedingen, hinausgeschoben werden, wie im folgenden durch bestimmte Beispiele gezeigt werden soll.

Vergilbte Blätter des Ahorns (*Acer pseudoplatanus*) lassen oft grüne Inseln erkennen, die sich von dem bereits vergilbten Teil der Blattspreite scharf abheben und von einer Löcherreihe umsäumt sind. Jede dieser grünen Inseln enthält ein Räumchen und Kotballen. Die Oberhaut der Blattunterseite erscheint abgehoben und bildet über den Miniergang ein gespanntes Häutchen. Nach Oswald Richter³⁵⁾ unterbleibt in dem Minierfleck das Gelbwerden, weil die Abbauprodukte des Blattgrüns infolge der Zerstörung der Leitungsbahnen nicht abgeleitet werden können. Wo diese unverletzt bleiben,

handelt es sich nach dem genannten Forscher um die Ausscheidung gewisser Stoffe durch das Tier oder bei den durch Pilze hervorgerufenen grünen Inseln durch den Pilz.

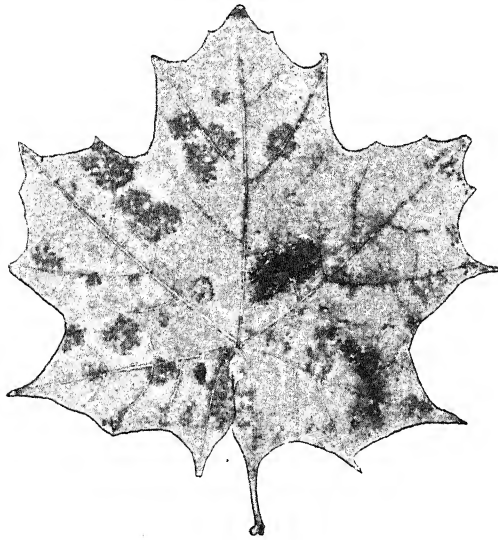


Fig. 39. *Acer platanoides*. Vergilbtes Blatt mit grünen (in der Photographie dunklen), von einem Pilz besiedelten Flecken. Original.

Grüne Inseln entstehen im vergilbten Blatte des Ahorns, *Acer platanoides* durch den Pilz *Phyllactinia guttata*. Nur da, wo der Pilz das Gewebe durchwuchert, bleibt das Gewebe grün, während die pilzfreie Umgebung schon vergilbt erscheint. In

der Umgebung von Wien kann diese Erscheinung zur Zeit des herbstlichen Laubfalles oft beobachtet werden. Die am Boden liegenden Blätter lassen die tiefgrünen Inseln schon auf einige Schritte erkennen (Fig. 39).

Daß die Stauung der Assimilate eine längere Erhaltung des Chlorophylls verursachen, zeigen auch die folgenden Versuche Stahls⁴¹⁾.

Wenn man Blätter, die kurz vor der Vergilbung stehen, einknickt oder teilweise in der Mitte der Spreite durchschneidet, so bleiben sie oberhalb der Knickung oder der Schnittwunde im Gegensatz zu den darunter liegenden Teilen länger grün. Sie verhalten sich also ähnlich wie die Blätter bei einschlägigen Versuchen bezüglich des Anthokyans.

Stant man bei den dem Vergilben nahen Blättern von *Philadelphus grandiflorus* mit einem Korkbohrer kreisrunde Stücke aus, so bleiben die herausgestanzten Rundeln, im feuchten Raume aufbewahrt, lange Zeit grün, im Gegensatz zu der übrigen bald vergilbenden Blattfläche⁴¹⁾ (Fig. 40).

Alle diese Versuche erklären sich am besten durch die Annahme, daß

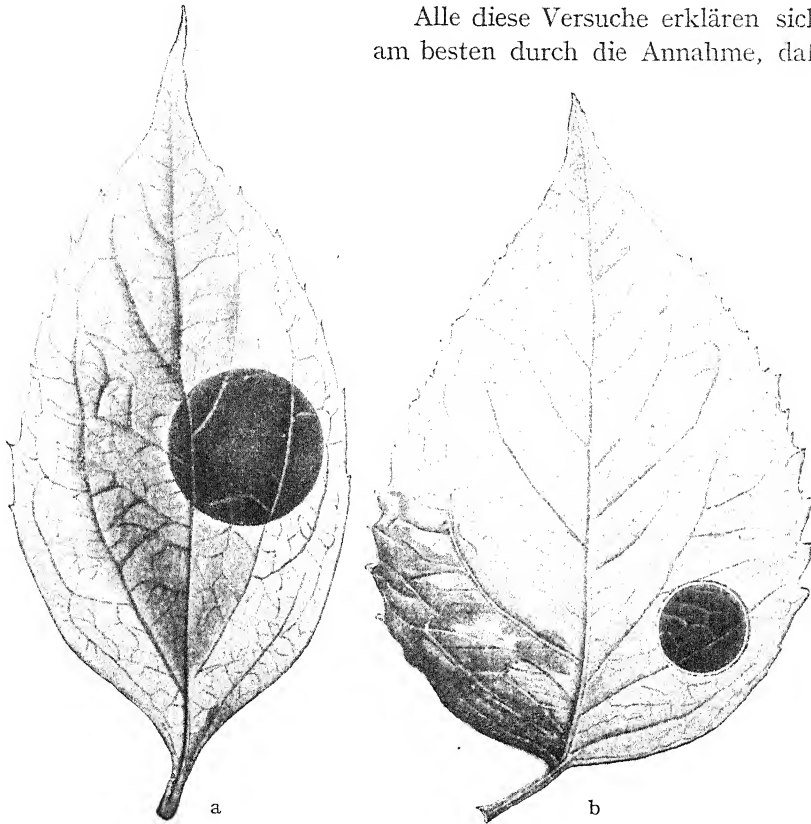


Fig. 40. *Philadelphus grandiflorus*. Die aus noch grünen, aber der Verfärbung entgegen gehenden Blättern herausgestanzten Rundel sind grün geblieben, während in den übrigen Teilen der Spreite die Vergilbung fortgeschritten ist. Nach Stahl.

infolge der gehinderten Ableitung der Abbau- und Assimilationsprodukte eine Anhäufung dieser eintritt, die zu einer besseren Ernährung der Zellen und infolgedessen zu einer längeren Erhaltung des Blattgrüns führt.

An auf dem Wiener Markt erscheinenden Zitronenfrüchten kann man an der gelben Schale mehr oder minder zahlreiche runde, tiefgrüne Flecke mit einem weißlichen Punkte in der Mitte beob-

achten (Fig. 41). Der weiße Punkt entspricht einer Schildlaus, die die benachbarten Zellen derart beeinflußt, daß das die Saugstelle umgebende Gewebe der Schale länger grün bleibt. Ob hier Wundstoffe der verletzten Zellen oder Ausscheidungen des Tieres oder das reich-

liche Zuströmen von Nährstoffen zur Wundstelle die längere Erhaltung der Chlorophyllkörner veranlassen, bleibt vorläufig unbeantwortet.

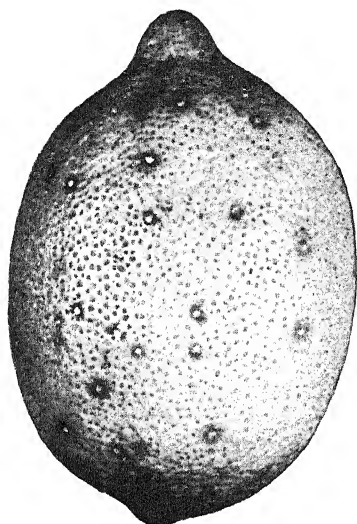


Fig. 41. Reife, gelbe Zitronenfrucht mit grünen (im Lichtbild dunklen) Flecken, hervorgerufen durch den Stich von Schildläusen. Original.

j)

Der Laubfall¹⁸⁾.

Wenn die Blätter unserer Bäume und Sträucher im Herbst zu vergilben beginnen, dann läßt der Laubfall nicht lange auf sich warten und schon Anfang November stehen die meisten sommergrünen Gehölze unseres Klimas kahl da. Nicht infolge der herbstlichen Stürme, nicht infolge mechanischer Kräfte haben sich die Blätter von den Zweigen gelöst, nein, denn der Laubfall ist ein Lebensakt, ist ein physiologischer Prozeß, der sich nur unter den Bedingungen des Lebens abspielt.

Schon kurze Zeit vor der Ablösung des Blattes bildet sich an seinem Grunde, da wo es dem Zweige aufsitzt, ein besonderes, in lebhafter Zellteilung befindliches Gewebe, die sogenannte Trennungsschicht, dessen Zellen sich nach und nach voneinander trennen und so die Ablösung des Blattes von der Mutterpflanze vermitteln.

Was in der Natur von selbst geschieht, kann durch Versuche künstlich hervorgerufen werden, denn der Experimentator hat es in vielen Fällen in der Hand, nicht bloß im Herbst, sondern schon zu einer Zeit, wenn das Blatt noch gar keine Neigung zum Fallen hat, die Ablösung zu erzwingen.

a) Laubfall und Transpiration. Pflanzen, die in verhältnismäßig trockener Luft leben, werfen, wenn sie plötzlich in dunstgesättigten Raum gebracht werden und hier nicht transpirieren können, ihre Blätter frühzeitig ab.

Stellt man im Herbst zu einer Zeit, wo die Blätter noch fest am Zweige sitzen, Sprosse vom Flieder (*Syringa*) oder der falschen

Akazie (*Robinia*) in ein Glas Wasser, bedeckt mit einem Glassturz und sperrt diesen noch mit Wasser ab, so fallen die Blätter nach etwa 8 Tagen ab, während die nicht mit einem Glassturz bedeckten Kontrollzweige noch lange ihre Blätter nicht abwerfen. Die Ursache ist die durch den Glassturz plötzlich aufgehobene Transpiration. Sobald das Blatt verhindert ist, zu transpirieren, d. h. Wasser in Form von Dampf abzugeben, geht es daran, die Trennungsschicht auszubilden und mit Hilfe dieser das Blatt zum Fallen zu bringen.

Merkwürdigerweise tritt dasselbe ein, falls man Pflanzen, die sich in sehr feuchter Luft befanden und hier ihre Blätter ausbildeten, plötzlich in trockene Luft bringt. *Ficus elastica*, *Croton*-Arten, *Impatiens Sultani*, *Goldfussia isophylla*, *Poinsettia*, *Azalea indica* und *Tsuga* lassen unter diesen Umständen, d. h. bei unvermittelt gesteigerter Transpiration die Blätter bald fallen.

Die Gärtner kultivieren viele Pflanzen in feuchter Atmosphäre. Wenn diese, ohne früher an trockene Luft gewöhnt zu werden, an Pflanzenfreunde verkauft und in die trockene Luft des geheizten Zimmers gestellt werden, so antworten solche Gewächse alsbald mit dem Blattfall. Die Ursache davon ist die plötzlich gesteigerte Transpiration in der trockenen Zimmerluft.

β) Laubfall und Licht. Werden im September Zweige vom Ahorn, *Acer campestre*, *Philadelphus coronarius* oder *Syringa vulgaris* unter sonst gleichen Umständen in dunstgesättigtem Raume licht und dunkel gestellt, so fallen die Blätter der Finsterzweige viel früher ab als die der Lichtzweige.

Die Empfindlichkeit der Blätter gegen Lichtentzug ist sehr verschieden. Sehr empfindlich gegen Lichtentzug sind im allgemeinen stark transpirierende, mit weichen Blättern versehene Gewächse (*Coleus*, *Fuchsia*), schon bedeutend weniger reagieren schwächer transpirierende Pflanzen mit lederartigem, stark kutikularisiertem Laub (*Rhododendron*, *Azalea*, *Evonymus*, *Buxus*) und fast gar nicht empfindlich die noch weniger Wasser abgebenden immergrünen Koniferen (Föhre, Eibe).

γ) Laubfall und Sauerstoff. Durch folgenden einfachen Versuch läßt sich die Bedeutung des Sauerstoffes für den Laubfall zeigen.

Befestigt man einen Gabelsproß vom Flieder (*Syringa*) oder Ahorn (*Acer*) derartig über einem mit Wasser gefüllten Glasgefäß, daß der eine Zweig unter Wasser taucht, der Schwesterzweig aber

sich im dunstgesättigten Raum befindet, so fallen die Blätter des Luftzweiges stets früher ab als die des Wasserzweiges. Was ist die Ursache dieser Erscheinung? Die Berührung mit Wasser kann es wohl nicht sein, weil ja in der Mehrzahl der Fälle die Blätter auch unter Wasser abfallen, nur bedeutend später als in Luft. Die durch Eintauchen hervorgerufene Hemmung der Transpiration ist es ebenfalls nicht, da diese den Laubfall gewöhnlich fördert. Die Ursache

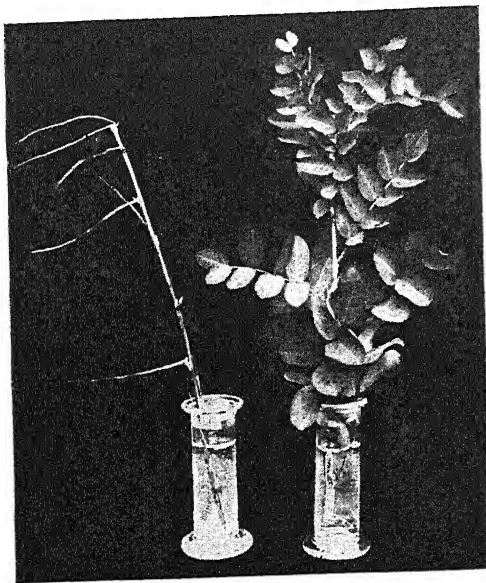


Fig. 42. Einfluß des Tabakrauchs auf den Laubfall. Zweige von *Caragana arborescens*. Rechts in reiner Luft, links in Tabakrauchluft. Nach 48 Stunden hat dieser alle seine Fiederblätter abgeworfen, während jener noch völlig unversehrt ist. Original.

liegt vielmehr, wie verschiedene Versuche gelehrt haben, in dem unter Wasser erschwerten Luft- bzw. Sauerstoffzutritt. Daher fallen Blätter in sauerstoffreichem Wasser viel früher ab als in sauerstoffarmem und in sauerstofffreiem Raume gar nicht ab.

δ) Laubfall und Tabakrauch. Aus den beschriebenen Versuchen ist zu ersehen, daß der Blattgrund, d. h. die Stelle, wo das Blatt mit dem Zweig zusammenhängt, ein sehr empfindliches Organ sein muß, denn plötzliche Änderungen der Transpiration, plötzliche Einwirkung von feuchter oder

trockener Luft und Lichtentzug wirken dahin, daß der Blattgrund mit der Bildung einer Trennungsschicht darauf antwortet.

Dies zeigt sich auch im Verhalten der Blätter gegenüber Tabakrauch.

Bringt man im Monate Mai oder Juni, also zu einer Zeit, da noch gar keine Neigung zum Laubfall besteht, je einen Zweig von *Caragana arborescens* in ein Glas Wasser, den einen unter einen Glassturz mit reiner Luft, den anderen mit Luft, in die man drei Züge von Tabakrauch mit einer knieförmig gebogenen Glasröhre hineingeblasen hat, so fallen die Fiederblättchen in der mit Rauch

verunreinigten Luft oft schon nach 48 Stunden größtenteils ab, während die Zweige in reiner Luft die Blätter viel später abwerfen (Fig. 42). Rauch von Papier, Holz und Stroh, ferner Leuchtgas und Azetylen wirken ähnlich.

k)

Über die Verlängerung der Lebensdauer der Eintagsblüten.

Manche Blüten haben nur eine sehr kurze Lebensdauer. Sie öffnen sich morgens bei schönem, sonnigem Wetter, aber schon im Laufe des Nachmittags fallen sie ab oder schließen sich, welken oder schrumpfen. Solche Eintagsblüten, wie ich sie nennen möchte, sind die der *Portulaca* sp., der Nachtkerze, *Oenothera biennis* und des Sonnenröschens, *Helianthemum chamaecistus*.

Ich habe beobachtet, daß man die Lebensdauer dieser Blüten durch ein sehr einfaches Mittel in folgender Weise verlängern kann.

Portulaca.

Es standen mir hunderte Pflanzen mit den verschiedensten Blütenfarben in einem Garten zur Verfügung. Wenn die Blüten sich morgens im Sonnenschein geöffnet hatten, schnitt ich sie knapp unter dem Kelch ab und legte sie in geöffnetem Zustande so auf einen mit Wasser gefüllten Teller, daß die ganze Unterseite jedes Kronenblattes der Wasseroberfläche anliegt und sie berührt. Als Kontrollblüten dienen gleichaltrige Blüten an blühenden, abgeschnittenen, in einem Glas Wasser stehenden Zweigen. All diese Versuchsobjekte standen in einem sonnigen Fenster in reiner Luft.

Am Nachmittag um etwa 4 Uhr waren die Kontrollblüten schon geschlossen und geschrumpft. 24 Stunden nach dem Öffnen waren die Blumenkronen tot. Ganz anders aber bei den auf dem Wasser liegenden Korollen, diese waren noch 2—3 Tage nach dem Öffnen ausgebreitet und lebend. Schließlich sterben auch sie ab, was man an dem Austreten des roten Farbstoffes ins Wasser und dem Farbloswerden der Blumenblätter an den betreffenden Stellen erkennt.

Nehmen wir die Lebensdauer der Blüte durchschnittlich mit 12 Stunden an, so erscheint sie bei den auf Wasser schwimmenden Blüten von 12 auf 60 Stunden also um das Fünffache verlängert.

Oenothera.

Macht man denselben Versuch mit den eben sich öffnenden Blüten der Nachtkerze, so kann man Ähnliches beobachten. Die

Blüten einer Gartenform, mit der ich experimentierte, öffnen sich etwa um $\frac{1}{2}7$ Uhr abends, bleiben über die Nacht frisch, welken am nächsten Vormittag und erscheinen schon 24 Stunden nach dem Aufblühen etwas verfärbt, welk und geschrumpft. Die auf dem Wasser befindlichen Blüten, deren Korollblätter an ihrer ganzen Unterseite die Wasseroberfläche berühren, schließen sich innerhalb dieser Zeit noch nicht, welken und schrumpfen nicht. Erst nachher werden die Korollblätter infolge des Eindringens von Wasser in die früher mit Luft gefüllten Interzellularen glasig, durchsichtig und sterben ab.

Helianthemum.

Die Blüten von *H. chamaecistus* haben eine auffallend kurze Lebensdauer. Sie öffnen sich morgens, aber schon gegen 1 Uhr nachmittags fallen die Blumenblätter ab oder sie welken und schrumpfen. Fallen die Korollblätter ab, so vertrocknen sie bei trockenem Wetter noch am selben Tag und sterben.

Legt man aber die abgeschnittenen Blüten mit der Unterseite der Korollblätter aufs Wasser, so lösen sich diese meist später ab und bleiben länger frisch und lebendig. Die Verlängerung der Lebensdauer kann hier $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ Tag betragen.

Die kurze Lebensdauer der Eintagsblüten ist unter anderem durch ein rasches Abwelken der Blumenblätter gekennzeichnet, die Blüte verliert zuviel Wasser und welkt oder schrumpft. Da aber das rasche Absterben der Blumenkronblätter auch auf dem Wasser oder in dunstgesättigtem Raume eintritt, so muß wohl die kurze Lebensdauer in inneren Ursachen der lebendigen Substanz begründet sein.

J. Fortpflanzung.

Die Lebensdauer der Pflanze ist, abgesehen von den Einzellern, begrenzt; jedes Lebewesen, auch die Pflanze muß sterben. Damit aber die Art nicht ausstirbt, muß für ihre Nachkommenschaft gesorgt werden und dazu dient die Fortpflanzung. Diese ist außerordentlich mannigfaltig und kann in zwei Arten unterschieden werden: in die ungeschlechtliche und die geschlechtliche.

Bei der ungeschlechtlichen lösen sich Zellen oder Vereinigungen von solchen von der Mutterpflanze ab und wachsen entweder sofort oder nach einiger Zeit zu selbständigen Pflanzen heran.

Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung werden zunächst zwei verschiedene Geschlechtszellen gebildet, die für sich allein nicht entwicklungsfähig sind, sondern sich vereinigen müssen, wenn ein neues Individuum entstehen soll.

I.

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung

ist soweit verbreitet und so allgemein bekannt, — ich erinnere nur an die Vermehrung durch Ausläufer, Wurzelstücke, Knollen und Zwiebeln — daß man darüber auf Schritt und Tritt Beobachtungen machen kann. Hier sollen nur einige besonders interessante und lehrreiche Fälle über ungeschlechtliche Vermehrung durch Stecklinge mitgeteilt werden.

Unter einem Steckling versteht man jeden Teil eines Stengels, einer Wurzel oder eines Blattes, der von der Mutterpflanze abgetrennt und unter günstige Wachstumsverhältnisse gebracht, sich zu einem selbständigen Individuum entwickelt.



Fig. 43. Entwicklung von Kartoffelknollen an oberirdischen Organen. Verkleinert. Nach Vöchting.

Kartoffelpflanzen können durch Knollen, aber auch durch Zweigstecklinge vermehrt werden und wenn man dabei so verfährt, wie hier angegeben wird, dann kann man gleichzeitig den Steckling zwingen, oberirdische Knollen zu erzeugen.

Zu diesem Zwecke wählt man Stecklinge von Sechswochenkartoffeln, richtet sie aber so her, daß sie im Boden keine Knospen führen und daher hier keine Knollen bilden können. Dies erzielt man dadurch, daß man Zweige mit langen Stengelgliedern wählt und die Schnitte, die die Basis bestimmen, nicht unten, sondern unmittelbar über den Knoten macht. Werden die langen basalen

Stengelglieder unter starker Befeuchtung in die Erde gesteckt, so entstehen alsbald dicht über der Schnittfläche Wurzeln, aber

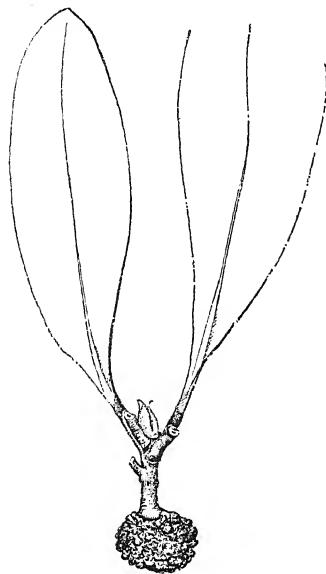


Fig. 44. *Rhododendron arborescens*. Steckling mit Kallus. Original.

keine Knollen, da das unterirdische Stengelglied nicht befähigt ist, Knospen zu bilden. Die von den Blättern im Lichte erzeugten Assimilate finden im Boden zur Bildung von Knollen keine Verwendung, häufen sich am oberirdischen Stengel reichlich an und veranlassen hier die Umwandlung der Knospen in Knollen.

Wir unterscheiden Zweig-, Wurzel- und Blattstecklinge. Die wichtigsten sind:

die Wurzeln hervorkommen. *Rhododendron*, Pappeln, Rosen u. a. bilden schöne Kalli.

Die Zweigstecklinge. Wird ein solcher von der Mutterpflanze abgetrennt, mit seiner Schnittwunde in feuchten Sand gesteckt, so tritt nach einiger Zeit Bewurzelung ein. Gewöhnlich bildet sich zunächst ein Vernarbungsgewebe—Kallus genannt—auf der Wunde (Fig. 44), aus dem später

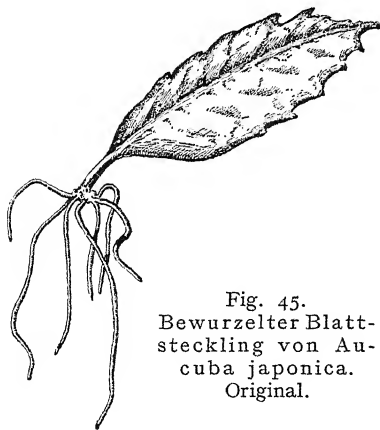


Fig. 45. Bewurzelter Blattsteckling von *Aucuba japonica*. Original.

Wurzelstecklinge lassen sich bei gewissen Pflanzen machen, die befähigt sind, aus Wurzeln Knospen und Trieben zu bilden. Zu diesem Zwecke schneidet man die Wurzeln in Stücke von 8 bis 10 cm Länge, legt sie derart in den Boden, daß das obere Ende (die Spitze) etwas höher liegt als das untere und bedeckt die Stücke 3—6 cm hoch mit Erde. Himbeeren, Brombeeren, Kirschen, Pflaumen, Paulownia und Quitten eignen sich zu dieser Art der Vermehrung.

Blattstecklinge. Darunter versteht man entweder ein Blatt ohne irgendwelche Stammteile, also ein Blatt ohne Achsel-

knospe oder ein Blatt mit zugehöriger Achselknospe und einem mit dem Blattstiel zugleich herausgeschnittenen Teil der Mutterachse.

Viele Blätter können sich bewurzeln, aber nur wenige Blattarten sind auch befähigt, Knospen zu bilden und der Vermehrung zu dienen. Blätter, die sich bewurzeln, aber keine neuen Pflanzen zu erzeugen vermögen, können ein bis mehrere Jahre alt werden, werden dick, groß und entwickeln ein sehr reiches Wurzelsystem, aber keine Knospen. *Citrus*, *Aucuba*, *Hedera*, *Camellia* u. a. gehören hierher (Fig. 45). Von Blattstecklingen, die Knospen hervorbringen können, seien hier genannt: *Cardamine palustris*, *Bryophyllum calycinum*, *Tolmiea Menziesii* und die Hyazinthe.

Bei dieser kann man leicht Brutzwiebeln hervorrufen, wenn man den Zwiebelboden, jedoch nur diesen, durch zwei rechtwinklig sich kreuzende Schnitte in vier Teile spaltet, wobei man darauf zu achten hat, daß der Einschnitt nur etwa 5—10 mm eindringt, also nur die Basis der Schale trifft. Nach einiger Zeit entwickelt sich an der im feuchten Sande liegenden Zwiebel die Zwiebelbrut. — Sehr leicht erhält man auch junge Brutzwiebeln aus Blattstecklingen, wenn man Blätter der Hyazinthe mit der Basis in feuchten Sand steckt (Fig. 46).

Ein ausgezeichnetes Objekt zur Gewinnung junger Pflänzchen stellen die Blätter gewisser Schaumkräuter dar. Das Wiesenschaumkraut, *Cardamine pratensis*, ist eine auf feuchten Wiesen häufig vorkommende Pflanze, die im April und Mai zur Blüte kommt. Die grundständigen Blätter stehen rosettig und sind wie die Stengelblätter unpaarig gefiedert. Eine genauere Untersuchung zeigt, daß viele Blätter hauptsächlich an den Stellen des gemeinsamen Blattstieles, wo die beiden gegenüberliegenden Fiederblättchen befestigt erscheinen, Wurzeln oder Knöspchen oder beide hervorsprossen lassen. An einem einzigen Blatt können entweder nach und nach oder gleichzeitig mehrere neue, selbständige Pflanzen entstehen.

Die Bildung von Wurzeln und Knospen kann sehr beschleunigt und gefördert werden, wenn man das Blatt vom Mutterstocke

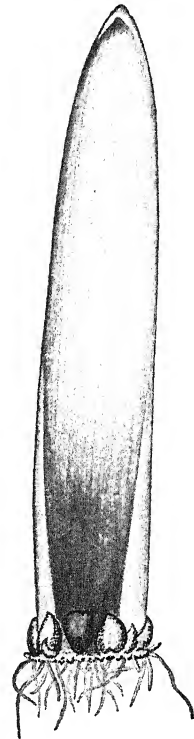


Fig. 46. *Hyacinthus orientalis*. Zwei Monate alter Blattsteckling mit Brutzwiebeln am Grunde des Blattes. Verkleinert. Original.

abschneidet, auf feuchten Sand legt und mit einem Trinkglas bedeckt. Unter diesen Verhältnissen gelingt es sogar, aus recht kleinen Bruchstücken des Blattes Pflänzchen zu ziehen.

Daß ungeschlechtliche Fortpflanzung auch durch Pfropfung durchgeführt werden kann, ist allgemein bekannt und es soll daher hier darauf nicht näher eingegangen werden, nur darauf soll noch ausdrücklich hingewiesen werden, daß das Reis, wenn die Ver-

wachsung gut und dauernd gelingen soll, stets in normaler Lage mit der Unterlage verbunden werden muß. Der Wurzelpol (die Basis) des Edelreises muß auf den Sproßpol (die Spitze) der Unterlage zu liegen kommen. Pfropft man den als Reis dienenden Zweig oder das Auge verkehrt, indem man oben und unten vertauscht, so treten auffallende Störungen ein, die die Verwachsungen erschweren und auffallende Geschwulstbildungen hervorrufen.

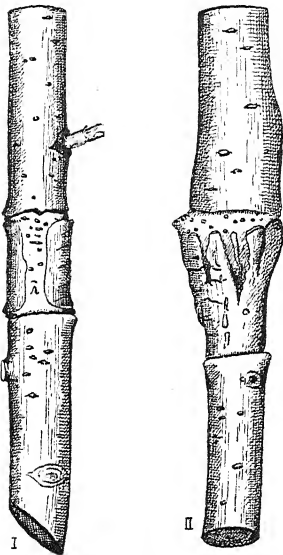


Fig. 47. *Cydonia japonica*. Zweig I mit normaleingesetztem und II mit verkehrt eingesetztem Rindenring. In beiden Fällen tritt Verwachsung ein, bei II aber mit nachträglich ganz abnormer Wulstbildung. Natürl. Größe. Nach Vöchting.

Dies geschieht auch, wenn man z. B. von einem Zweige der Quitte, *Cydonia japonica*, einen Rindenring abträgt und gleich darauf verkehrt einsetzt, d. h. so, daß der früher obere Rand jetzt nach unten zu liegen kommt. Es tritt zwar auch in diesem Falle Verwachsung ein, aber alsbald bilden sich am oberen Rande des Ringes und an der Basis des oberen Stückes der Unterlage Geschwülste (Fig. 47) und nach 4—5 Jahren stirbt der oberhalb der Ringelung gelegene Zweig oder das Zweigsystem ab.

Sproßindividualität oder die Erhaltung der Sproßeigenschaften¹⁸⁾ (S. 283). Durch die ungeschlechtliche Fortpflanzung werden die Eigenschaften der Mutterpflanze unverändert übertragen. Davon macht der Gärtner seit langem ausgiebigen Gebrauch. So, wenn er an einer Pflanze irgendeine Variation bemerkt, sei es im Wuchs, in der Farbe der Blätter, in der Blüte oder in der Frucht. Er sucht diese neue Eigenschaft festzuhalten und zwar durch Stecklingsvermehrung oder durch Pfropfung.

Die Sprosse eines Baumes erscheinen oft gleich, sind es aber tatsächlich nicht, daher ist es bei Gewinnung von Stecklingen und Edelreisern nicht gleichgültig, von welchem Orte an einem Individuum der Steckling oder das Reis genommen wird. Hierzu einige Beispiele.

Der junge und der alte, bereits in Blüte befindliche Efeu unterscheiden sich auf den ersten Blick im Blattwerk und Wuchs. Der junge Efeu entwickelt wagrechte oder schief verlaufende Sprosse mit 3—5lappigen Blättern. Die blütentragenden Zweige des alten Efeu wachsen frei aufrecht und tragen eiförmig zugespitzte Blätter (Fig. 48).

Macht man nun Stecklinge von jungen Pflanzen, so erhält man wieder schiefwachsende Sprosse mit 3—5lappigen Blättern. Macht man aber Stecklinge von einem alten, bereits blühbaren Efeu, dann wachsen sie aufrecht, entwickeln die Blattform der Blütensprosse, blühen schon im selben oder nächsten Jahr und wachsen zu kleinen Bäumchen heran.



Fig. 48. *Hedera helix*, zweijährige Efeupflanzen. Links die Jugendform, rechts die Baumform, die letztere gezogen aus einem Steckling der Blütenregion. Original.

Ein anderes Beispiel stellen die Jugendformen der Cupressineen. Ich sprach mich an anderem Orte darüber folgendermaßen aus. „Es ist bekannt, daß junge Sämlinge von *Biota*, *Chamaecyparis* und *Thuja* andere Blatt- und Sproßformen haben als die der alten Pflanzen und daß sich diese Jugendformen durch Stecklinge für immer oder für lange Zeit fixieren lassen. Es werden hierzu die allerersten Seitenzweige der Keimlinge, die aus den Achseln der Kotyledonen oder den der nächst höheren Blätter hervorbrechen, verwendet. Diese Seitenzweige weichen durch erbliche, gestaltliche Eigenschaften von der Mutterpflanze ab und erzeugen, als Stecklinge verwendet, Pflanzen von einem so ganz anderen Habitus, daß die Botaniker und Gärtner bezüglich der Abstammung dieser Formen lange Zeit ganz irregeleitet wurden. Solchen Jugendformen begegnete man allenthalben in Gärtnereien,

viele wurden von Japan unter besonderen Namen eingeführt und auch die in Europa fixierten Formen wurden als besondere Arten oder Gattungen in den Handel gebracht. So entstand ein höchst unerfreuliches Chaos in der Benennung dieser Formen. Es ist ein Verdienst Reißners, in diesen Wirrwarr Klarheit gebracht und gezeigt zu haben, daß die verschiedenen fraglichen Arten und Gattungen nichts anderes als die Jugendformen gewisser Koniferen sind“ (Fig. 49). Sie werden nach 5—8 Jahren unansehnlich und sterben ab.

Ein drittes, ausgezeichnetes Beispiel gibt die beliebte Zier-

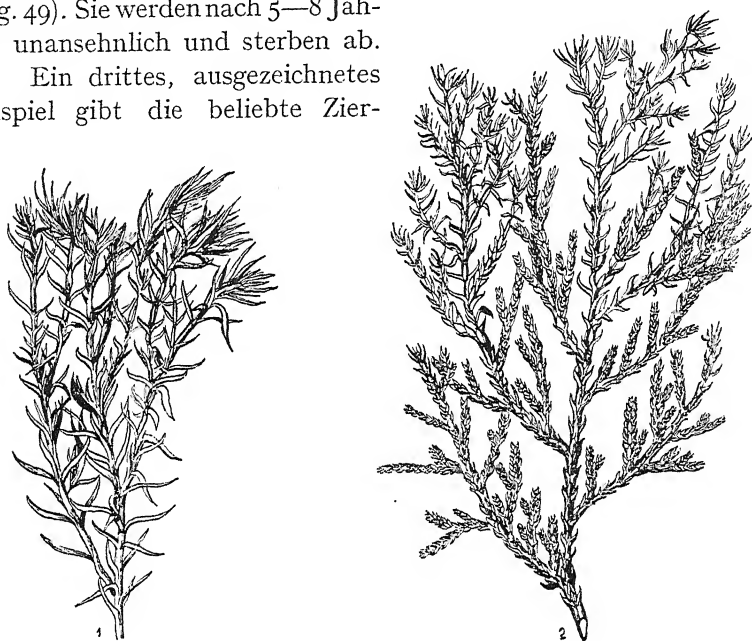


Fig. 49. 1. *Thuja occidentalis*, Jugendform; 2. *Thuja occidentalis* Ellwangeriana, Übergangsform; zugleich Zweige der Jugendform und schuppenblättrige Zweige tragend. Nach Reißner.

pflanze *Araucaria excelsa* ab (Fig. 50). Ihr Hauptsproß erhebt sich kerzengerade, von ihm gehen horizontal, quirlig gestellte Seitenäste erster Ordnung aus, die wieder Seitenäste zweiter Ordnung nach links und rechts entwickeln. Will man wieder eine solche radiär gebaute Pflanze erhalten, so muß man den Gipfelsproß als Steckling verwenden. Wird ein Seitensproß erster Ordnung als Steckling benutzt, so erhält man nie eine radiär verzweigte Pflanze, sondern der Sproß behält seine gestaltliche Natur bei, wächst stets horizontal weiter und dasselbe gilt vom Seitensproß zweiter Ordnung (Fig. 51).

Die Laubsprosse sind daher an vielen Pflanzen je nach dem Orte, an dem sie stehen, nicht alle untereinander gleich, sondern mehr oder weniger individualisiert und behalten diese ihre Verschiedenheit, ihre Natur, als Steckling oder Impfling gezogen, dauernd bei. Ich schlug für diese Erscheinung den Namen Topophysis oder Ortsnatur vor.

Durch die ungeschlechtliche Fortpflanzung werden auch die Eigenschaften des Alters auf die Nachkommen übertragen. Dies lernten wir schon an der Vererbung der Blattgestalt junger und alter Efeuindividuen kennen.

In der Blattform unterscheiden sich auch alt und jung von *Ficus pumila* (= *Ficus stipulata*) in der Größe und Dicke und von *Broussonetia papyrifera*, einem aus Japan stammenden und dort zur Herstellung eines ausgezeichneten Papiers viel benutzter Baum.

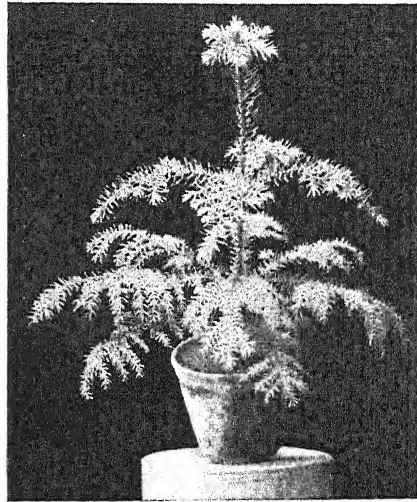


Fig. 50. *Araucaria excelsa*. Original.

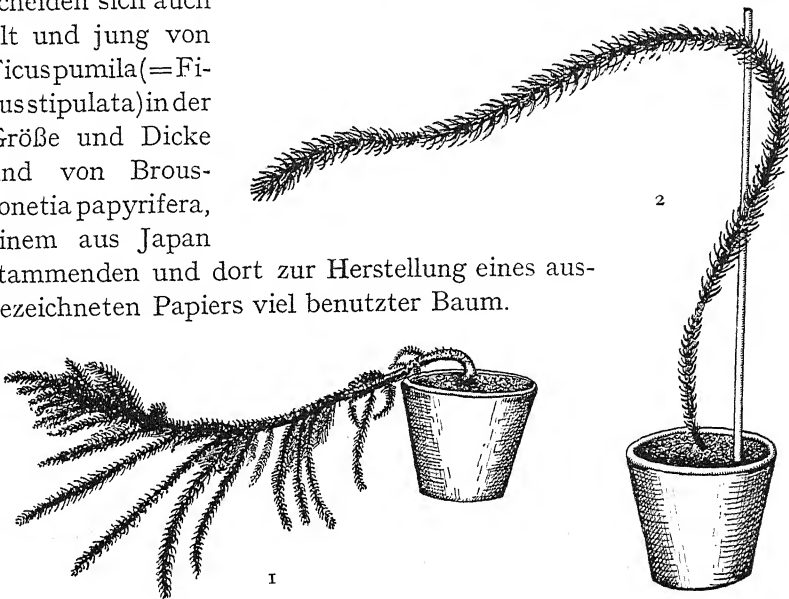


Fig. 51. *Araucaria excelsa*. Seitensproß 1. Ordnung, als Steckling gezogen, behält stets seine Eigenart dauernd bei. Nach Vöchting.
Araucaria excelsa. Seitensproß 2. Ordnung, als Steckling gezogen, behält seine Eigenart dauernd bei. Nach Vöchting.

Die Blätter der *Broussonetia* sind, wie Fig. 52 zeigt, bei jungen Pflanzen dreifach gelappt, bei alten aber sind sie ganz. Nur bei nach Verwundung auftretenden neuen Sprossen treten auch bei alten Bäumen gelappte Blätter auf und desgleichen auch an ihren Wurzelschößlingen.

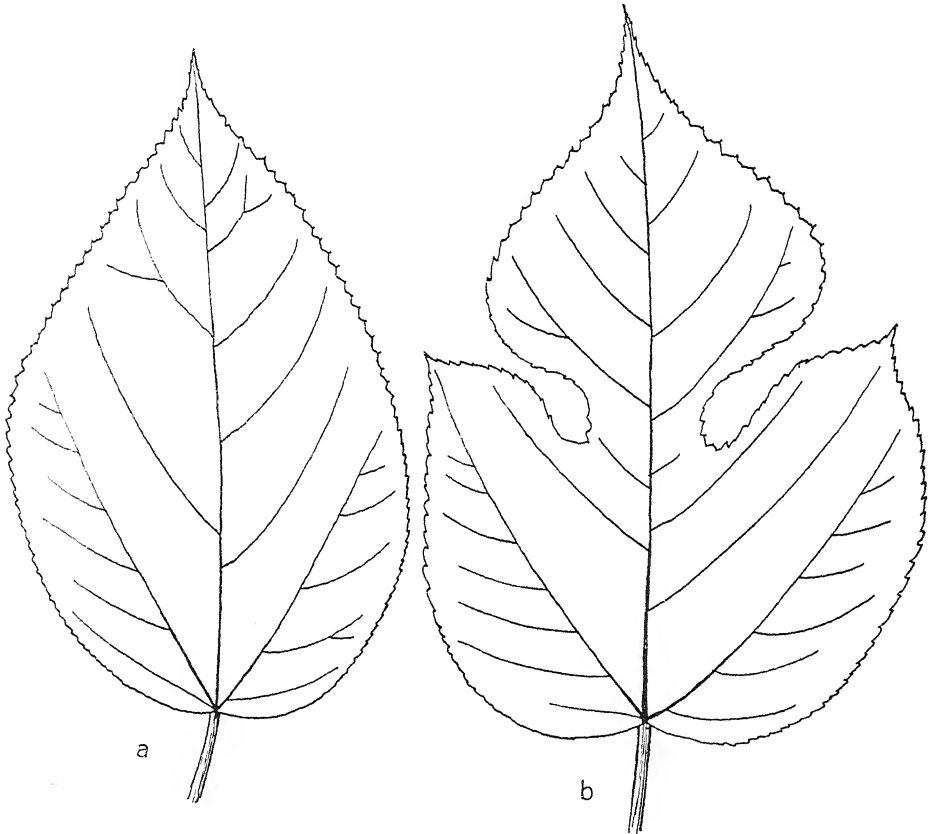


Fig. 52. *Broussonetia papyrifera*. *a* Blatt eines alten Baumes, *b* eines jungen 1 m hohen Sämlings.
 $\frac{3}{4}$ der natürl. Größe. Original.

Durch Versuche kann man sich auch leicht überzeugen, daß sich Stecklinge von alten Pflanzen viel schwieriger bewurzeln als von jungen. Dies spricht auch dafür, daß die Eigenschaften des Alters auf die Nachkommen durch Stecklinge übertragen werden. Man versuche dies mit dem Efeu und *Ficus pumila* (Fig. 53).

Blütenpflanzen,
die gewöhnlich keine Früchte hervorbringen.

Es gibt Pflanzen, die sich in der Regel nur ungeschlechtlich fortpflanzen und die Fähigkeit, Früchte und Samen zu bilden, fast oder ganz eingebüßt haben. Dazu gehören unter anderem die Kartoffel, *Solanum tuberosum*, der Meerrettich, *Cochlearia armoracia*, das Scharbockskraut, *Ranunculus ficaria*, *Helianthus tuberosus* und *Dentaria bulbifera*.

Kartoffel. Überblicken wir Kartoffelfelder in den Monaten Juli und August, so fällt auf, daß manche Rassen gar nicht oder nur wenig blühen, aber selbst in jenen Feldern, in denen sich Blüten — meist sind es weiße oder violette — recht häufig vorfinden, wird man oft vergebens nach Früchten fahnden. Dann und wann kommen zwar auch bei der Kartoffel Früchte vor, denn neue Rassen können ja gewöhnlich nur durch Kreuzung erzielt und aus Samen gewonnen werden. Aber die Erzielung von Früchten gelingt nur sehr selten; ich habe oft viele Kartoffelfelder abgesucht, bis es mir gelungen war, endlich eine Frucht zu finden. Dazu kommt, daß wenn Blüten und Früchte gebildet werden, diese leicht abfallen.

Bei der Kartoffelpflanze werden die in den Blättern gebildeten Stoffe oder Assimilate hauptsächlich in die unterirdischen Knollen geleitet und hier gespeichert. Die Anziehung der Baustoffe nach den Fruchtknoten scheint sehr gering zu sein, daher fließt der Assimilatenstrom zur Gänze hinab zu den Knollen, und so kommt es zu keiner Ausbildung von Samen und Früchten.

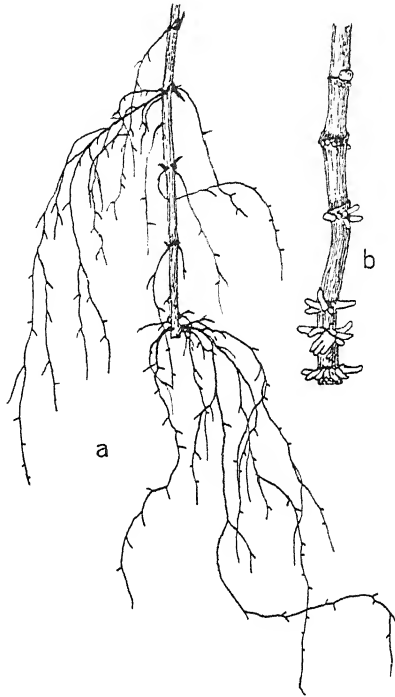


Fig. 53. *Ficus pumila* (= *ficus stipulata*). Unterer Teil der Stecklinge *a* und *b*. *a* von einer jungen Pflanze, *b* von einer alten. *a* macht im Wasser lange zarte, reich verzweigte Wurzeln; *b* bildet im Wasser nur kurze Rindenwucherungen, aber keine Wurzeln. Zeichnung aufgenommen nach 1½ Monat dauerndem Versuch. Natürl. Größe. Original.

Cochlearia armoracia, der Meerrettich oder Kren. Eine alte Kulturpflanze, die, wenn sie blüht, gewöhnlich keine Samen entwickelt. Auch hier wandern die durch die Blätter gebildeten Assimilate in den Boden hinab zu den Wurzeln, durch die sich der Meerrettich leicht ungeschlechtlich vermehrt. Die Baustoffe, Zucker, Stärke und Eiweiß werden von den Wurzeln so mächtig angezogen und hier gespeichert, daß für die Ausbildung der Früchte nichts übrig bleibt und auch zumeist keine gebildet werden. Die Fortpflanzung dieser Pflanze vollzieht sich daher in der Regel ungeschlechtlich.

Ranunculus ficaria, eine ungemein häufige, frühblühende Pflanze der Wiesen und Gebüsche, bringt höchst selten Früchte hervor. Ihre Vermehrung erfolgt durch kleine stärkereiche Knöllchen, die in den ober- und unterirdischen Blattachsen entstehen und sich von der Pflanze in reichlicher Menge ablösen, einige Zeit ruhen und dann austreiben. Die Neigung, Früchte hervorzubringen, ist bei dieser Pflanze fast ganz erloschen, weil die Baustoffe durch die Knöllchen ganz in Anspruch genommen werden.

Helianthus tuberosus, die Erdbirne oder Topinambur, vermehrt sich in der Regel vegetativ durch unterirdische Knollen. Eventuell entstehende Früchte werden bei uns wegen des kurzen Sommers nicht reif.

Dentaria bulbifera, die Zwiebelzahnwurz, erzeugt selten Früchte. In den Achseln der Stengelblätter bilden sich eiförmige, kugelige, braunviolette Sprosse, sogenannte Bulbillen, die nach dem Abfallen sich zu neuen Pflanzen entwickeln. Diese ungeschlechtliche Vermehrung ist bei dieser Pflanze die normale.

2.

Die geschlechtliche Fortpflanzung.

In seiner berühmten Schrift: „Das entdeckte Geheimnis im Bau und in der Befruchtung der Blumen“ (Berlin 1793, neu herausgegeben von Knuth, Leipzig 1894) hat Christian Konrad Sprengel vor 138 Jahren die wunderbaren, wechselseitigen Anpassungen von Blüten und Insekten erkannt und geschildert. Er wies auf die merkwürdigen Einrichtungen hin, die in der Blume getroffen sind, die Insekten anzulocken und sie in der Blüte so zu führen, daß die Bestäubung sicher zustandekommt oder daß Selbstbestäubung verhindert und Fremdbestäubung erzielt wird. Seine in dieser Richtung grundlegenden Untersuchungen sind

später von vielen Forschern mit ausgezeichnetem Erfolge fortgesetzt und ausgebaut worden.

Wir erhielten namentlich durch die umfassenden Beobachtungen und Versuche Ch. Darwins Kenntniss davon, daß in der Natur Fremdbestäubung angestrebt wird und daß nach dieser in der Regel auf gute, keimfähige Samen zu rechnen ist. Wenn der Blütenstaub einer Blüte auf eine desselben Individuums gebracht wird, so ergibt diese Art der Bestäubung gewöhnlich keine Befruchtung oder keine guten Samen. Ganz anders aber bei Fremdbestäubung, d. h. wenn der Pollen einer Pflanze auf eine andere derselben Art gelangt; dann ergeben sich aus dieser Bestäubung keimfähige Samen und eine gute, kräftige Nachkommenschaft.

Im Reiche der Blütenpflanzen sind nun eine Reihe von sehr merkwürdigen und interessanten Einrichtungen in den Blüten getroffen, die alle darauf abzielen, die Selbstbestäubung wenn möglich auszuschließen und die Fremdbestäubung zu ermöglichen und zu begünstigen.

Bestäubung³⁶⁾.

Wenn die in der Samenknospe vorhandene Eizelle befruchtet werden soll, muß die männliche Geschlechtszelle, das Pollenkorn, auf die Narbe gebracht werden. Diese muß bestäubt werden. Dies kann in der Natur auf verschiedene Weise geschehen: gewöhnlich durch den Wind, Insekten oder in den Tropen und Subtropen auch durch Vögel.

Zu den sogenannten Windblütlern gehören die Nadelhölzer, ein großer Teil der einheimischen Laubbäume, die Eiche, Buche, Hainbuche, Haselnuß, ferner der Hanf, die Brennnessel, die Gräser u. a.

Alle diese Windblütler erzeugen massenhaft Blütenstaub, in so großer Menge, daß die Luft zeitweise davon reichlich erfüllt ist, der Pollen auf weite Strecken vertragen wird und schließlich bei Windstille und Regen wieder zu Boden fällt. Man findet ihn dann hier zur Zeit der Blüte der Nadelhölzer als feinen Belag eines gelben Pulvers, das das Volk als „Schwefelregen“ bezeichnet.

Die Vermittelung der Bestäubung durch den Wind läßt uns manche Eigenschaften der Windblütler verstehen. Sie haben leichten, glatten, stäubenden Blütenstaub, erzeugen ihn in ungeheuren Mengen, wodurch die Wahrscheinlichkeit, daß Pollenkörner die Narbe treffen, größer wird.

Die Blüten entbehren in der Regel farbiger Schauapparate und anderer Lockmittel, wie sie in ausgezeichneter Form bei den Insektenblütlern so häufig anzutreffen sind.

Die Mehrzahl der Blütenpflanzen bedarf zur Bestäubung der Insekten.

In dem erwähnten Buche Sprengels findet sich eine Fülle von Beobachtungen, die dartun, daß in der Blüte und ihren Einzelorganen Einrichtungen bestehen, die Selbstbestäubung verhindern und die Fremdbestäubung begünstigen, ja daß die Blüten oft unfruchtbar blieben, wenn nicht Insekten sie bestäuben würden. Es soll hier nur auf zwei solcher Einrichtungen hingewiesen werden,

die in der Natur eine nicht unbedeutende Rolle spielen: die Dichogamie und die Heterostylie.

Dichogamie.

Die Dichogamie ist die Erscheinung, daß in einer Zwitterblüte die männlichen und weiblichen Organe zu ungleicher Zeit reif werden, so daß die Blüte funktionell einer eingeschlechtigen gleichkommt. Dabei können zwei Fälle unterschieden werden: entweder es eilen die Staubblätter dem weiblichen Organ in der Entwicklung voraus oder es ist umgekehrt. Das erstere nennt man Protandrie, das letztere Protogynie. Ein

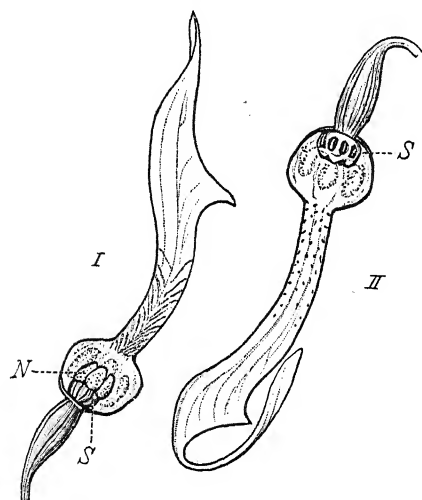


Fig. 54. Blüten von *Aristolochia clematitis*, längs durchschnitten.
I Junge Blüte, N Narben, S Staubbeutel.
II Ältere Blüte. Nach F. Noll.

gutes Beispiel für Protandrie sind die Glockenblumen, die *Geranium*-Blüten, die von *Sedum album*, Umbelliferen, Malvaceen u. a.

Bei der Glockenblume sieht man zuerst die Staubgefäße prall entwickelt, dann schrumpfen sie zusammen, liegen am Blüten Grunde und nun erst wird die Narbe reif und empfängnisfähig. Bei der Untersuchung der Blüten eines und desselben Stockes wird man leicht die verschiedenen Stadien der Protandrie feststellen können.

Für die Untersuchung der Protogynie seien die Blüten von *Scrophularia*, *Helleborus*, der Obstbäume und *Aristolochia* empfohlen.

Die protogyne Blüte von *Aristolochia clematitis*, einer an Weinbergsrändern nicht seltenen Pflanze, ist eine Kesselfallblume von so interessanter Einrichtung, daß ihr hier einige Worte gewidmet sein sollen.

Die Fig. 54 zeigt den Bau dieser Blüte. Das Perigon stellt eine Röhre dar, die sich unten zu einem kugeligen Kessel erweitert und nach oben in einen zungenartigen Zipfel übergeht. Die Blüte ist hellgelb, in jungem Zustand aufgerichtet, später nach abwärts gekehrt. Von der Innenwand der Röhre gehen zahlreiche zarte, mit ihrer Spitze schief nach abwärts gerichtete Haare aus, die eine Art Reuse bilden, den Insekten, meist kleinen Fliegen den Eingang gestatten, aber den Wiederaustritt verwehren. Die Mücken bleiben gefangen zurück und bestäuben mit dem mitgebrachten Pollen die Narbe der protogynen Blüte. Wenn die Blüten sich abwärts zu neigen beginnen, öffnen sich die Staubbeutel und bestäuben die im Kessel befindlichen Insekten. Nun verwelkt die Narbe, die Reusenhaare trocknen ein, geben dadurch den Insekten den Ausgang frei und diese können den mitgebrachten Blütenstaub wieder in einer anderen Blüte ablagern und so Fremdbestäubung vermitteln.

Heterostylie.

Untersuchen wir im Frühling die auf einer Wiese vorhandenen Primeln derselben Art, z. B. der *Primula officinalis*, so werden wir

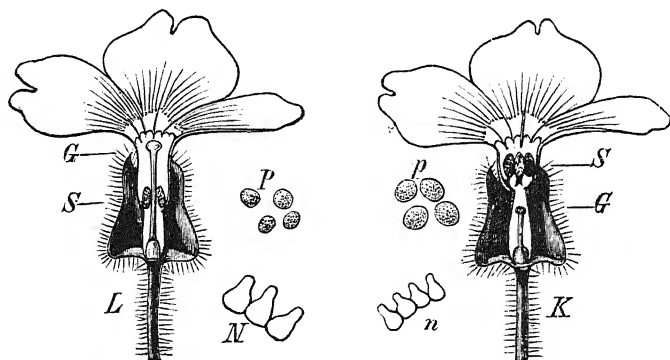


Fig. 55. *Primula sinensis*. Zwei heterostyle Blüten von verschiedenen Stöcken. Schwach vergrößert. *L* langgriffelige, *K* kurzgriffelige Blütenform, *G* Griffel, *S* Staubbeutel. *P* Pollenkörner und *N* Narbenpapillen der langgriffeligen, *p* und *n* Pollenkörner und Narbenpapillen der kurzgriffeligen Form. *P*, *N*, *p*, *n* bei 110facher Vergr. Nach Noll.

bald finden, daß sich zweierlei Stöcke unterscheiden lassen und zwar liegt der Unterschied in der Länge der Griffel und der Höhen-

lage der Staubblätter. Die einen nennen wir lang-, die anderen kurzgriffelig. Bei den ersteren ist der Griffel lang und reicht mit seiner Narbe bis zum Eingang der etwa 12—14 mm langen Kronenröhre. Die mit kurzen Filamenten versehenen Staubgefäße erscheinen in der Mitte der Kronenröhre befestigt. Bei den letzteren, den kurzgriffeligen, reicht die Narbe nur bis zur Mitte der Kronenröhre, während die Staubgefäße oben, nahe am Eingang der Kronenröhre angeheftet sind (Fig. 55). Blickt man von oben auf die Blüte herab, so sieht man bei der langgriffeligen Form die Narbe, bei der kurzgriffeligen aber die Staubbeutel. Die meisten Primel-Arten, auch die in unseren Gewächshäusern gezogene *Primula sinensis* und *Pr. obconica*, ferner der Wasserfaden *Hottonia palustris*, das Lungenkraut *Pulmonaria*, der Buchweizen *Fagopyrum*, *Forsythia* und gewisse *Linum*-Arten sind durch Heterostylie ausgezeichnet.

Es ist auffällig, daß man bei den so häufig in Gärten und Parks kultivierten *Forsythia*-Arten Früchte gewöhnlich nicht vorfindet. Dies kommt daher, daß man bis vor 34 Jahren nur kurzgriffelige Stöcke von *Forsythia suspensa* oder nur langgriffelige von *Forsythia viridissima* gezogen hat. Es konnte daher zu keinen legitimen Bestäubungen kommen. Deshalb keine Früchte. Die Forsythien werden aus den genannten Gründen gewöhnlich ungeschlechtlich durch Stecklinge vermehrt.

Ein auffallendes Beispiel von Heterostylie bietet der am Ufer der Seen, Teiche und sumpfigen Stellen so häufige und durch seine roten quirlährigen Blütenstände ausgezeichnete Weiderich. Hier kommt, ebenso auch bei *Oxalis*, der im Pflanzenreiche sehr seltene Fall vor, daß man bezüglich der Heterostylie nicht zweierlei Blüten wie bei der Primel, sondern dreierlei unterscheidet. Es gibt hier kurz-, mittel- und langgriffelige Individuen (Fig. 56). Bei *Lythrum salicaria*, dem Weiderich, verhält sich die Sache so.

1. Die langgriffelige Blüte hat einen die Staubfäden weit überragenden Griffel, er ist nur wenig kürzer als die Kronenblätter. Die Blüte enthält gewöhnlich 6 längere und 6 kürzere Staubgefäße, durchwegs mit gelben Staubbeuteln.
2. Die kurzgriffelige Blüte hat einen ganz kurzen Griffel, dessen kugelige Narbe tief im Blütengrunde sichtbar ist. Meist 6 längere und 6 kürzere Staubgefäße, die ersteren haben grünblaue Staubbeutel, die letzteren gelbe.

3. Die mittelgriffelige Blüte zeigt einen Griffel, der bedeutend kürzer als die Krone, aber doch länger als der Kelch ist. Staubgefäße wie bei 2, die 6 längeren gleichfalls mit blauen Antheren.

Unter 23 wahllos gepflückten Blütenständen verschiedener Individuen waren:

- 10 langgriffelig,
- 5 kurzgriffelig,
- 8 mittelgriffelig.

Höchst auffallend ist das Vorkommen von Staubgefäßen mit verschieden gefärbten Staubbeuteln, gelben und blauen.

Über die Bedeutung dieser Farbenverschiedenheit ist bisher

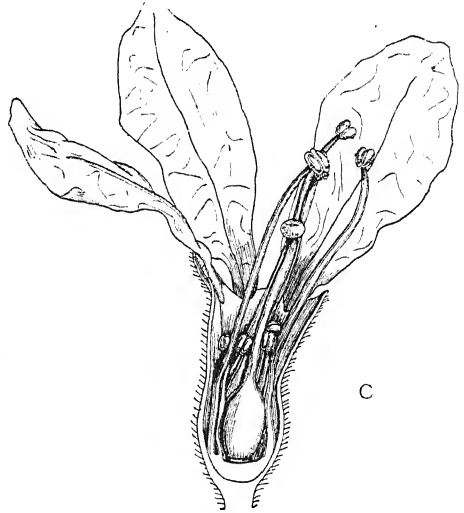
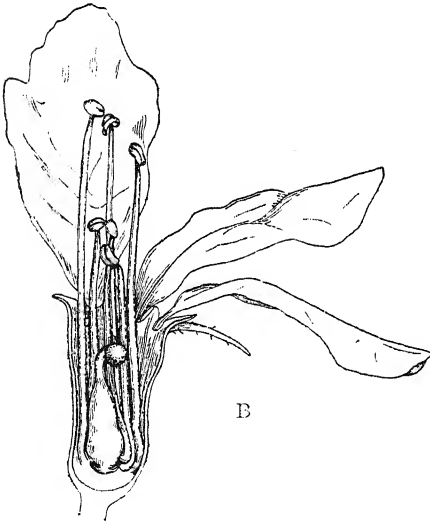
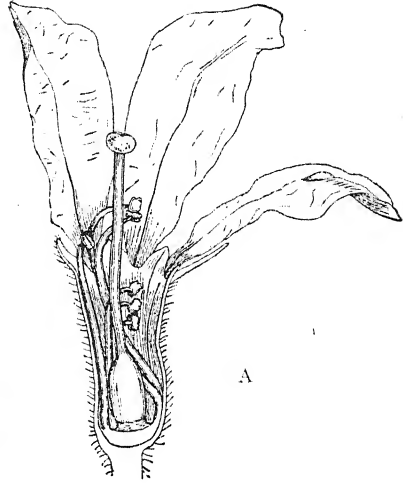


Fig. 56. *Lythrum salicaria*. Heterostylie. A langgriffelige, B kurzgriffelige, C mittelgriffelige Form im Längsschnitt; 4fach vergr. Nach Kirchner.

nichts bekannt und es ist schwer, darüber auch nur eine Vermutung zu äußern.

Bei dieser Pflanze sei noch einer auffallenden anatomischen Eigentümlichkeit gedacht. *Lythrum* ist ein Gewächs feuchter,

nasser, zeitweise überschwemmter Orte. Die Basis des Stammes und die dickeren Wurzeln sind, soweit sie im nassen Boden oder im

Wasser untergetaucht waren, von einem außerordentlich schwammigen, lufthältigen, schneeweißen Gewebe, einem sogenannten Aërenchym, bedeckt. Es kann bis $\frac{1}{2}$ cm dick werden und baut einen großen Teil der Rinde auf.

Dieses lockere Gewebe wird von der Pflanze im morastigen Boden oder im Wasser ausgebildet, wo sich leicht Sauerstoffmangel einstellt und hat die Aufgabe, die Durchlüftung zu erleichtern und die überschwemmten Teile von Stamm und Wurzel mit Sauerstoff zu versorgen. *Lycopus europaeus*, der Wolfsfuß, zeigt gleichfalls oft an nassen Orten rings um die Basis des Stammes und um die stärkeren Wurzeln ein deutliches Aërenchym.

Durch die Untersuchungen von Darwin und Hildebrand wurde gezeigt, daß die Heterostylie die Kreuzung außerordentlich begünstigt und daß der Pollen sich stets am wirksamsten erweist, wenn er auf die Narbe gleicher Höhenstufe eines anderen Stockes gelangt. Nach Darwin ergaben die Kreuzungen zwischen Organen gleicher Höhe, also verschiedener Blütenformen — Darwin nennt solche Kreuzungen legitime — gute Samen.

Zur Bestäubung der Orchideenblüte.

Ganz auf Fremdbestäubung eingestellt ist die Blüte der Orchideen. Die wunderbaren Einrichtungen, die hier getroffen sind, um Selbstbestäubung auszuschließen, hat uns Darwin³⁸⁾ kennen gelehrt. Der Bau der Blüte einer einheimischen Orchidee, der *Orchis militaris*, zeigt die Fig. 57.

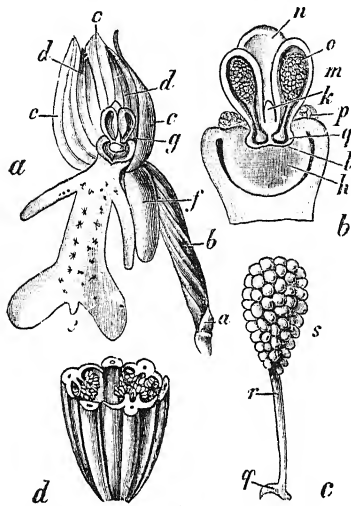


Fig. 57. *Orchis militaris*. a Eine von der kleinen Braktee (a) gestützte Blüte. b Fruchtknoten, c die äußere, d die beiden oberen inneren Perigonblätter. e Labellum mit dem Sporne f, g Gynostemium. h dieselbe nach der Entfernung des Perigons mit Ausnahme des oberen Teils des Labellum, h Narbe, l Rostellum, k zahnartiger Fortsatz des Rostellum, m Fach der Anthere, n Konnektiv, o Pollinium, q Klebmasse, p Staminodium vergr. c einzelnes Pollinarium, r Kaudikula, s Pollinium, stärker vergr. d Frucht im Querschnitt, schwach vergr. Nach Berg und Schmidt.

Das Perianth besteht aus zwei Kreisen von je drei Blättern, ist kronenartig und das hintere Blatt des einen Kreises bildet die sogenannte Lippe oder das Labellum. Die meisten Orchideen haben nur ein Staubgefäß, das mit dem Griffel zu einem Säulchen, dem Gynostemium verwachsen ist. Durch Drehung des unterständigen Fruchtknotens um 180° gelangt die Lippe, auf der sich das Insekt niederläßt, auf die Vorderseite. Die Basis der Lippe geht in einen Sporn über.

Die Pollenkörner liegen in den zwei Behältern der Anthere, werden in jedem der beiden Fächer durch eine Bindesubstanz zu dem Pollinium zusammengehalten, das in einen Stiel oder die Kaudikula ausläuft und in die Klebscheibe endet. Pollinium, Kaudikula und Klebscheibe bilden zusammen das Pollinarium.

Wenn ein Insekt die Blüte besucht, so läßt es sich auf der Lippe nieder und, um zum Nektar zu gelangen, stößt es unwillkürlich an der Klebscheibe an und da diese sehr klebrig ist, bleibt diese am Kopfe oder an der Brust des Insektes haften und sobald dieses sich von der Anthere entfernt, zieht es das Pollinarium aus dieser heraus und fliegt damit weg.

Man kann diesen Vorgang mit einer Bleistiftspitze nachahmen. Berührt man, mit der Spitze in die Blüte eindringend, die Klebscheibe, so haften die Pollinarien an der Spitze, zunächst etwas aufgerichtet, aber in wenigen Minuten legen sie sich nach vorn. Diese Bewegung vollführen sie auch auf dem Kopfe des Insektes und beim Besuche einer neuen Blüte werden sie an der klebrigen Narbe wieder abgesetzt.

Neuere Untersuchungen³⁸⁾ haben auch gelehrt, daß die Kaudikula der Hauptsache nach aus Kautschuk besteht und eine im Pflanzenreiche noch niemals beobachtete Elastizität aufweist, sie beträgt 200—750%.

Von dieser außerordentlichen elastischen Dehnung kann man sich leicht überzeugen, wenn man ein aus der Anthere herausgezogenes Pollinarium auf einen Millimeterstab legt, die Klebscheibe durch einen aufgelegten Objektträger einklemmt und das Pollinarium mit einer feinen Pinzette auszieht. Die 2 mm lange Kaudikula von *Orchis militaris* konnte in verschiedenen Fällen

| von 2 mm auf 12 mm | | | | | |
|--------------------|---|---|---|----|---|
| „ | 2 | „ | „ | 14 | „ |
| „ | 2 | „ | „ | 10 | „ |
| „ | 2 | „ | „ | 14 | „ |
| „ | 2 | „ | „ | 14 | „ |
| „ | 2 | „ | „ | 15 | „ |

innerhalb der Elastizitätsgrenze ausgezogen werden, worauf die Kaudikula auf die ursprüngliche Länge von etwa 2 mm zurück-schnellte.

Kleistogamie.

Obwohl die Pflanze gewöhnlich auf Fremdbestäubung eingerichtet ist, gibt es doch auch Fälle, wo die Bestäubung in der geschlossenen Blüte von selbst erfolgt, eine Erscheinung, die man als Kleistogamie bezeichnet. Hierher gehören *Viola odorata*, *Oxalis acetosella*, *Impatiens noli tangere* und *Lamium amplexicaule*.

Viele Veilchen-Arten bringen neben weit geöffneten (chasmogamen), schön gefärbten Blumen, nachdem diese abgeblüht und Früchte gebildet haben, geschlossene, am Boden liegende Blüten hervor, deren Blütenhülle stark verkümmert ist und die trotz der Selbstbestäubung viele und gute Samen hervorbringen.

Lamium amplexicaule, der stengelumfassende Bienensaug, bringt geöffnete und neben diesen regelmäßig auch geschlossene Blüten hervor. Diese finden sich entweder ausschließlich auf einem Stock oder vermischt mit geschlossenen. Die kleistogamen Blüten sind kleiner. *Oxalis* und *Viola* bringen gewöhnlich zuerst offene und dann geschlossene Blüten hervor. Bei *Lamium amplexicaule* ist es umgekehrt.

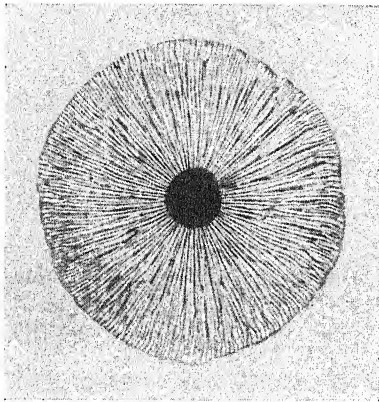
Über die Ursachen, warum eine Pflanze bald kleistogam, bald chasmogam blüht, gehen die Ansichten auseinander.

Es ist aber sehr wahrscheinlich, daß Goebel das Richtige mit der Behauptung getroffen hat, wenn er die kleistogamen Bildungen als Hemmungen hinstellt, die in vielen Fällen durch ungünstige Ernährungs- und Wachstumsbedingungen verursacht werden.

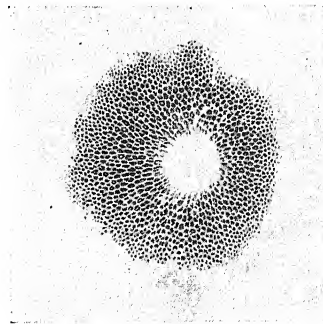
K. Verbreitung der Sporen, Samen und Früchte.

Wenn die Natur sich irgendwo in der Verschwendung gefällt, so ist es in der Fortpflanzung. Ein Pilz bringt Millionen Sporen und ein Baum eine Unmenge von Samen hervor, um die Nachkommen-schaft zu sichern. Aber wenn so viele Keime erzeugt werden, dann muß auch dafür gesorgt werden, daß die Sporen und Samen nicht alle in der nächsten Umgebung der Mutterpflanze liegen bleiben und sich hier im Kampfe ums Dasein Licht, Luft und Nahrung streitig machen, sondern sie müssen auf eine möglichst große Fläche verbreitet werden.

Pilzsporen. Ein Versuch, der über die Unmasse von Sporen eines Hutpilzes und über ihre Verbreitung durch Luftströmungen unterrichtet, ist folgender: Wir sammeln im Walde einige verschiedene Hutpilze, schneiden den Strunk knapp unter der Fruchtschicht des Hutes ab und legen den Hut mit der Fruchtscheibe nach unten auf ein Blatt reines Papier. Auf ein schwarzes, wenn die Sporen hell oder weiß, auf ein weißes, wenn sie dunkel sind. Dann deckt man noch eine Glasglocke darüber, obwohl dies nicht durchaus notwendig erscheint. Hebt man nach einem Tage vorsichtig den Hut vom Papier ab, so erblickt man ein genaues, aus den abgeschleuderten Sporen bestehendes Abbild



a



b

Fig. 58. a *Agaricus melleus*, Hallimasch. Bild des Hymeniums, hervorgerufen durch die Sporen. Natürl. Größe. b *Boletus piperatus* Bull. Bild des Hymeniums, hervorgerufen durch die Sporen. Natürl. Größe. Original.

des Hymeniums. War der zum Versuche verwendete Pilz ein Blätterpilz, so läßt das Abbild sehr schön die strahlige Anordnung der „Blätter“ erkennen; war der Pilz ein Löcherpilz (Polyporee), dann erscheinen im Sporenbilde die Löcher mit aller nur wünschenswerten Deutlichkeit (Fig. 58). Solche Sporenbilder lassen sich jahrelang im Pilzherbar aufheben und können zur Charakteristik des Pilzes und seiner Sporen jederzeit herangezogen werden.

Legt man frische Hutpilze auf einen Tisch eines Zimmers oder eines großen Saales, so sieht man die Sporen nicht bloß unter den Hüten, sondern auch in ihrer nächsten Umgebung in einer so deutlichen staubartigen Lage, daß man mit einer Nadel darin schreiben kann. Und in der fernsten Ecke des Zimmers wird man mit Hilfe

des Mikroskops in dem Staub Sporen finden können, die durch Luftströmungen dahin getragen wurden.

Daß der einzellige Schimmelpilz, *Pilobolus*, seine Sporenbehälter auf eine Entfernung bis 2 m abschießen kann, wird später auf Seite 187 geschildert werden.

Kleinheit der Samen. Sporen und Samen, die durch den Wind verbreitet werden, zeichnen sich im allgemeinen durch geringe Größe aus. Für Sporen könnte eine große Zahl von Beispielen angeführt werden. Aber auch für Samen fehlt es nicht an solchen. In erster Linie wären hier die Samen der Orchideen zu erwähnen. Im Buchenwalde trifft man nicht selten die fruchtenden Stengel der Nestwurz, *Neottia nidus avis*. Beim Reiben des trockenen Fruchtstandes mit der Hand erhält man leicht die überaus kleinen, fast staubförmigen Samen. So auch bei *Goodyera repens*, dem kriechenden Netzblatt und *Cephalanthera pallens*, dem bleichen Kopfstendel, deren Samen nur ein Gewicht von 0,002 mg erreichen. *Monotropa hypopitys*, der Fichtenspargel, *Gentiana nivalis*, der Schnee-Enzian und *Rhododendron ferrugineum*, die rostrote Alpenrose, besitzen gleichfalls auffallend kleine Samen, die durch den Wind leicht verbreitet werden können.

Flugeinrichtungen sind ein von der Natur häufig verwendetes Mittel zur Verbreitung der Samen und Früchte. Sie sind so bekannt, daß sie jeder Naturfreund leicht wird auffinden können.

Nach dem Abblühen der Weiden und Pappeln glaubt man mitunter ein Schneegestöber zu erleben, so dicht fallen oder fliegen die mit einem Haarschopf (*Arillus*) versehenen Samen von den Bäumen und werden vom Winde weit davongetragen. Sie liegen in der Nähe der Bäume in so dicker Lage, daß man sie mit dem Fuß leicht zu kleinen Häufchen zusammenscharren kann. Ausgezeichnete Flugvorrichtungen treffen wir bei zahlreichen Kompositen in Form von Federkronen, so beim Löwenzahn, *Taraxacum officinale*, dem Bocksbart, *Tragopogon pratensis*, ferner in Form von Haarbüscheln beim Weidenröschen *Epilobium* und der Asclepiadee *Cynanchum* oder in Gestalt von häutigen Säumen bei der Grasnelke *Armeria* und dem Grindkraut *Scabiosa*.

Die Wanderpflanzen, die Europa von Amerika seit der Entdeckung Amerikas erhalten hat, ich denke dabei an *Erigeron canadense*, *Stenactis bellidiflora* und *Galinsoga parviflora*, wurden nicht durch den Wind, sondern durch den Menschen eingeschleppt,

aber in Europa haben ihre Flugeinrichtungen gewiß dazu beigetragen, sie außerordentlich zu verbreiten.

Anhäkelnde und widerhakige Früchte. Untersucht man den Haarpelz eines Schafes, dann wird man häufig mit den Haaren verfilzte Samen und Früchte vorfinden, die so fest darin haften, daß sie selbst noch bei der Bereitung des aus der Schafwolle bereiteten Tuches anzutreffen sind und umständlicher Verfahren bedürfen, um entfernt zu werden.

Es gibt zahlreiche Früchte und Samen, die an ihrer Oberfläche Häkchen, Borsten und Stacheln tragen, daher leicht an dem Pelz der Tiere oder dem Federkleid der Vögel haften, nach längerer Wanderung abgestreift und so verbreitet werden. Man braucht nur bei einem Spaziergang in Wald und Flur seine Kleider genauer zu betrachten und wird vielleicht finden: die mit Hakenborsten versehenen Früchte von *Galium aparine* und *Circaea lutetiana*, die mit Dörnchen ausgestatteten von *Torilis anthriscus*, die durch kleine Stacheln ausgezeichneten von *Setaria verticillata* und die mit Hakenstacheln versehenen Früchte von *Medicago agrestis* und *Geum urbanum*.

Schleuderfrüchte. Führt man mit der Hand über Büsche des Sauerklees, *Oxalis acetosella*, wenn sie mit reifen Früchten ausgestattet sind, so wird man von den plötzlich ausgeschleuderten Früchten förmlich bombardiert. In der Samenhaut befindet sich ein besonderes Schwellgewebe, das dem Ausschleudern der Samen dient.

Das Springkraut, *Impatiens noli tangere*, bildet aus fünf Fruchtblättern bestehende längliche Kapseln. Unter ihrer Oberhaut befindet sich eine in großer Spannung befindliche Schwell-schicht. Reift die Frucht und lockert sich der Verband der fünf Fruchtblätter, dann trennen sie sich plötzlich, rollen sich ein und schleudern dabei die Samen weit hinweg. Ein Fingerdruck auf die reife Frucht genügt, um diesen Vorgang auszulösen.

Einbohren der Geraniaceen-Früchte in den Boden. Die Früchte der *Geranium*-Arten gehören gleichfalls zu den Schleuderfrüchten. Um eine fünfkantige Mittelsäule liegen fünf Fruchtblätter herum, die am Grunde halbkugelig aufgetrieben sind und nach oben hin in eine der Mittelsäule sich anlehrende Granne übergehen. Nach Vollendung der Samenreife hebt sich infolge der Austrocknung die Granne uhrfederartig nach aufwärts ab, und zwar so rasch, daß die Samen dabei weggeschleudert werden.

Die Grannen dieser Teilfrüchte sind äußerst hygroskopisch, strecken sich in feuchter Luft oder bei Benetzung und rollen sich in trockener Luft schraubig ein, wobei aber das obere Ende sich sichelförmig krümmt und seitwärts wie ein Hebelarm abhebt. Macht man in eine Visitenkarte oder in ein mit weißem Papier überzogenes Brettchen ein Loch und steckt man das untere Ende in dieses hinein, so kann man je nach der Feuchtigkeit der Luft beobachten, wie sich das seitlich gekrümmte Ende des Schnabels bald nach vor-, bald nach rückwärts bewegt. Darauf beruht die Verwendung einer solchen Teilfrucht als Hygrometer (Fig. 59). Um genauere Beobachtungen über den Feuchtigkeitsgehalt der Luft zu machen,

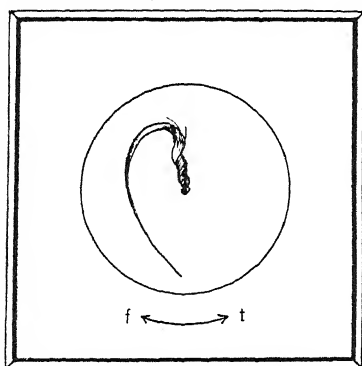


Fig. 59. Einfaches Hygrometer, bestehend aus dem Fruchtschnabel von *Erodium ciconium*. In trockener Luft bewegt sich die Frucht genau in der Richtung des Pfeiles nach *t*, in feuchter nach *f*. Original.

hat man nur nötig, um das Loch in einiger Entfernung eine Kreislinie zu ziehen und diese in gleichen Abständen zu markieren. Besonders geeignet für die Herstellung eines so einfachen Hygrometers ist hierfür die Frucht vom gemeinen Reiher-schnabel, *Erodium ciconium*. Ihre Granne bildet trocken geworden eine linksgedrehte Schraube, deren oberes Ende sich bei wachsender Feuchtigkeit im Sinne des Uhrzeigers, bei abnehmender aber im umgekehrten Sinne bewegt.

Fällt die Teilfrucht auf die Erde, so stemmt sich die Spitze des Schnabels gegen den Boden. Erfolgt dann bei feuchtem Wetter ein Aufdrehen des schraubig gedrehten Schnabels, so dreht sich nicht die Spitze, sondern die Frucht und gelangt dadurch, einem Korkbohrer gleich, mehr und mehr in den Boden. Dasselbe geschieht auch, wenn der Schnabel an der Drehung nicht durch den Boden, sondern durch andere zufällige Hindernisse, herumliegende Blättchen, Hälmschen und dergleichen verhindert wird. An der Frucht befinden sich aufrechte, steife Haare, die beim Eindringen in den Boden der Frucht dicht anliegen, zunächst keinen Widerstand bieten, wohl aber, wenn der Schnabel sich wieder schraubig einzurollen beginnt, dann leisten sie der Hebung der Frucht Widerstand und unterstützen die Verankerung im Boden. Bei zunehmender Trockenheit rollt sich der Schnabel wieder schraubenförmig ein,

die Drehung beginnt in umgekehrter Richtung, da aber die Borsten die Hebung der Frucht verhindern, so dringt sie infolge der Drehung immer tiefer (Fig. 60).

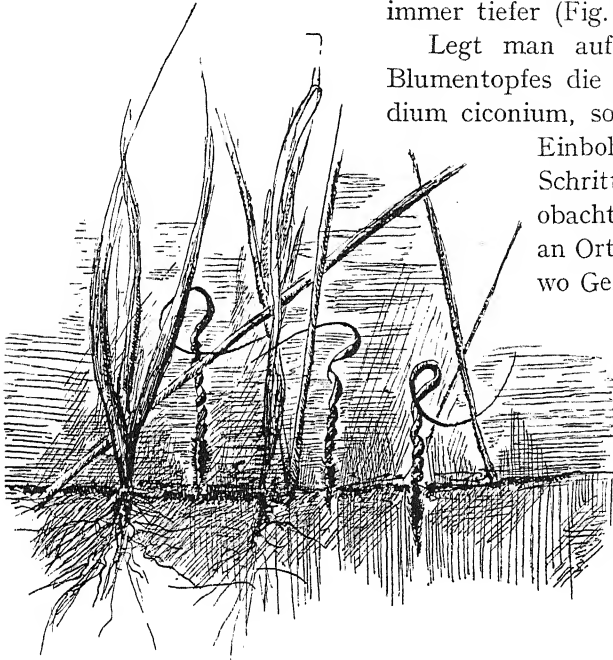


Fig. 60. 3 Früchte von *Erodium ciconium*, die sich infolge der hygroscopischen Drehung der Granne in den Boden einbohren. Vgl. den Text. Original.

Legt man auf die Erde eines Blumentopfes die Frucht des *Erodium ciconium*, so kann man das Einbohren der Früchte Schritt für Schritt beobachten. Desgleichen an Orten in der Natur, wo Geranien dicht beisammenstehen.

Myrmecochorie. Auf einen Fall der Verbreitung von Samen durch Tiere soll noch hier hingewiesen werden, der besonders von dem schwedischen Botaniker Sernander³⁹⁾ ge-

nauer untersucht wurde: es ist die Verbreitung von Samen durch Ameisen. Viele Samen tragen ein aus weichem, fettreichem Parenchym bestehendes Anhängsel, das Elaiosom (Fig. 61). Dieses wird von Ameisen gerne wegen seines Fettreichtums verzehrt und verlockt sie, es zu suchen und in ihren Bau zu schleppen. Das Elaiosom wird versepest, aber der Samen bleibt unverseht und wird weit verbreitet.

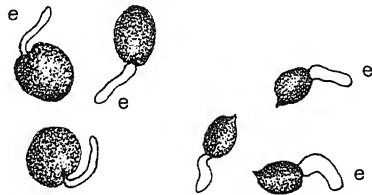


Fig. 61. Samen mit Elaiosomen e. Links von *Corydalis* sp., rechts von *Luzula pilosa*. Original.

Günstige Objekte für das Vorkommen von Elaiosomen sind die Samen vom Schöllkraut, *Chelidonium majus*, dem Lerchensporn, *Corydalis cava*, dem Hahnenfuß, *Ranunculus ficaria*, dem Bienen-saug, *Lamium maculatum*, dem Märzveilchen, *Viola odorata* u. a.

Der Umstand, daß das Schöllkraut häufig auf Mauern und als Überpflanze auf Baumstämmen vorkommt, hängt mit der Verschleppung der Samen durch Ameisen zusammen.

Die Samen mancher *Melampyrum*- oder Wachtelweizenarten haben eine auffallende Ähnlichkeit mit Ameisenpuppen und werden von Ameisen gleichfalls verschleppt, aber nicht etwa, weil die Ameisen die Samen für Puppen halten, sondern weil sie die an den Samen vorhandenen Elaiosomen schätzen und verzehren.

V.

Verschiedenes.

I.

Blütenstaub und Heuschnupfen.

Zur Zeit, wenn unsere Föhren- und Fichtenwälder in Blüte stehen, ist der Waldboden oft ganz mit einem gelblichen Pulver, dem Blütenstaub, bedeckt. Wind und Sturm vertragen ihn oft meilenweit, bis er wieder in ruhige Luftschichten gelangt und oft so reichlich niederfällt, daß der Boden oder der Spiegel eines Teiches oder Sees sich gelb färbt. Die Bauern sagen dann: es habe Schwefel geregnet. Man kann sich leicht davon überzeugen, daß die Luft zur Zeit der Nadelholzblüte, also gegen Ende Mai, von Pollenkörnern reichlich erfüllt ist. Eine kleine Glasplatte mit einem Glyzerintropfen ins Freie gestellt, zeigt bereits nach 5—10 Minuten dem bewaffneten Auge, daß auf dem Tropfen mehrere Pollenkörner haften geblieben sind. Sie haben eine sehr charakteristische Gestalt. Es sind runde, rechts und links mit je einem lufteerfüllten Flugsack versehene Gebilde, die schon mit einer starken Lupe an ihrer eigenartigen Form zu erkennen sind. Sowie sie aus der Luft auf den Tropfen fallen, werden sie wegen der Klebrigkeit des Glyzerins festgehalten und häufen sich hier nach und nach an. Solange die Nadelholzblüte dauert, ist die Luft selbst in großen Städten mit Pollen mehr oder minder erfüllt. Nach und nach verschwinden sie und wenn im Juni die Roggen-, Weizen-, Gersten- und Haferfelder zu blühen beginnen, dann tritt an Stelle des Koniferenpollens in der Luft der Blütenstaub der genannten Gräser auf. —

Zur Zeit der Getreideblüte leiden viele Menschen an einer mit Niesen, Husten und reichlicher Absonderung von Nasenschleim verbundenen Krankheit, die als „Heufieber“, „Heuschnupfen“ oder als „Bostocksche Krankheit“ bekannt ist. Die Heufieber-

kranken haben ein Gefühl der Hitze und leiden an einer Schwellung in den Augen, verbunden mit Rötung, Jucken, Tränenträufeln, Niesanfällen, Nasenschleimabsonderung, Brustbeklemmen, Atembeschwerden, profusen Schweißausbrüchen und großer Mattigkeit. Die Krankheit stellt sich gewöhnlich gegen Ende Mai ein und hält etwa 2—3 Wochen an. Der Heufieberkranke leidet besonders, wenn er sich im Sonnenschein in der Nähe blühender Getreidefelder aufhält. Die Ursache der Krankheit sind die Pollenkörner der Gräser. Ihr leicht verstäubender Blütenstaub hält sich längere Zeit schwebend in der Luft, gelangt in die Augen, beim Atmen in Nase und Mund und erregt durch ein ihm enthaltenes Gift das Heufieber. Ob auch der Koniferenpollen und der anderer Pflanzen giftig wirkt, bleibt zu untersuchen. —

Platanenhusten. Die jungen, noch in Entwicklung begriffenen Blätter der Platanen (*Platanus orientalis* und *P. occidentalis*) sind ober- und unterseits in einen bräunlichen Wollfilz eingehüllt, der sich allmählich ablöst und sich einige Zeit in der Luft schwebend erhält. Die „Flugzeit“ dieser kleinen Flöckchen fällt in die zweite Hälfte Mai bis etwa Mitte Juni. Zweige, die zu dieser Zeit im Zimmer hingestellt werden, lassen den Abfall besonders bei Erschütterung leicht erkennen. Sie bestehen aus stern- oder baumartig verzweigten Haaren. Werden diese mit der Luft in großer Menge eingeatmet, so können sie, da sie mit zahlreichen Spitzen besetzt sind und sich leicht zu kleinen Flöckchen zusammenballen, die Atmungsorgane und Schleimhäute reizen und dadurch Husten und Entzündungen hervorrufen. Aus diesem Grunde würde es sich empfehlen, Platanen in Gärten und Parkanlagen der Städte, insbesondere in der Nähe von Schulen, Spitälern und Spielplätzen nicht anzupflanzen, zumal wir ja an anderen schönen Bäumen gerade keinen Mangel haben.

2.

Die Hummel bemächtigt sich auf kürzestem Wege des Nektars bei gewissen Blüten.

Eine der häufigsten Pflanzen in heimischem Walde ist der Wachtelweizen, *Melampyrum silvaticum*. Untersucht man an sonnigen Stellen die Blütenstände, so fällt auf, daß viele an der Basis der Blumenkrone seitlich angestochen sind. Das Loch rührt von der Hummel her, die diese Blüten besucht. Die verhältnismäßig kleine Blüte ermöglicht der großen Hummel nicht den Eintritt

in die Blüte, daher wählt das Insekt, um zu dem im Grunde der Blüte vorhandenen Nektar zu gelangen, den kürzesten Weg und sticht die Blumenkrone gerade dort an, wo der Zuckersaft liegt.

Der im Walde und in Holzschlägen so häufige klebrige Salbei, *Salvia glutinosa*, läßt dasselbe erkennen. Besonders an den stark der Sonne ausgesetzten Pflanzen sieht man an der Basis der Korolle ein Loch. Auch hier sticht die Hummel in die Krone hinein, um von dem Honigsaft zu naschen.

Ähnliches läßt sich auch an den Blüten von *Lamium maculatum*, *Symphytum officinale* und *Aconitum lycoctonum* beobachten.

3.

Vicia sepium und *Lamium maculatum*, Ameisenpflanzen.

a)

Vicia sepium.

Der etwa 30—60 cm hohe Stengel der Zaunwicke trägt 4 bis 8 paarig gefiederte Blätter mit geteilter Wickelranke am Ende. An der Basis des Blattes stehen zwei kleine zugespitzte Nebenblättchen, nach oben gewölbt, nach unten ausgehöhlt und purpurn gefärbt. Diese auffallend gefärbte Stelle stellt eine kleine Zuckerfabrik, ein Nektarium, dar, das süßen Saft absondert und Ameisen anlockt. Besonders morgens, wenn die Luft noch feucht ist und die Pflanze noch nicht stark transpiriert, sieht man an jedem Nektarium, besonders der jungen Blätter, einen glashellen Tropfen hängen. Diese Nektarien sind es, die die Ameisen anlocken und sie bewegen, von dem süßen Saft zu naschen. Die Pflanze ist den ganzen Tag von Ameisen besucht und die Ameisen machen sich daran zu schaffen. Selbst wenn ein Sproß mit den Ameisen ins Zimmer gebracht und in ein Glas Wasser gestellt wird, lassen sie tagelang nicht davon ab, in den Nektarien sich gütlich zu tun und sie von neuem zu besuchen.

Vicia faba, die Saubohne, verhält sich ähnlich, doch findet der Ameisenbesuch nicht in der Regelmäßigkeit und Häufigkeit statt wie bei *Vicia sepium*.

b)

Lamium maculatum.

Auch dieser in schattigen Wäldern und feuchten Gebüsch häufige Lippenblütler wird von Ameisen oft besucht. Sie machen sich stets in den bleibenden Kelchen, die die sich entwickelnden,

noch grünen Nüßchen umschließen, zu schaffen. Sie lecken an den unreifen Früchten. Eigentliche extraflorale Nektarien finden sich an der Pflanze nicht vor, aber die Nüßchen erscheinen immer mehr oder minder feuchtglänzend und die hier vorhandene geringe Feuchtigkeit, die vielleicht den letzten Rest des zurückgebliebenen Nektars darstellt, und das Elaiosom dürften es sein, die die Ameisen aufsuchen und naschen.

4.

Die Purpurblüte in der Dolde der Mohrrübe, *Daucus carota*.

Die auf Wiesen und grasigen Wegrändern so häufige Möhre oder gelbe Rübe zeigt eine besondere Eigentümlichkeit. Bei vielen Individuen, aber nicht bei allen, findet sich mitten in der schneeweißen zusammengesetzten Dolde eine verhältnismäßig große, tiefpurpurne Blüte. Die 5 Blumenblätter, häufig auch der dem Fruchtknoten aufsitzende Diskus sind durch Anthokyan tief purpurrot gefärbt. Anstatt der normalen 2 Griffel besitzt die rote Blüte nicht selten 3 Griffel. Sie ist bald durch 2, 3 oder 5 Hüllblättchen gestützt. Anstatt einer einzigen Purpurblüte treten gar nicht selten 2—3 oder 1 zentrales Döldchen mit 1—3 bis mehreren kleinen Purpurblüten und mehreren weißen oder weißroten Blüten auf.

Der Farbenton ist nicht immer derselbe, er kann von schwarzrot bis hellrosa wechseln, im letzteren Falle ist der Diskus meist weiß.

Nicht alle Individuen entwickeln die Purpurblüte, es gibt sehr viele Stöcke, die keine roten Blüten aufweisen. Nur selten findet man an ein und demselben Stück Dolden mit und ohne rote Zentralblüte. Es scheint sich hier um physiologische Rassen zu handeln, die sich morphologisch nicht unterscheiden. Was hat nun die Purpurblüte für das Leben der Pflanze zu bedeuten? Hat sie einen Nutzen von ihr? Soll die rote Blüte vielleicht ein Signal für die anfliegenden, die Bestäubung besorgenden Insekten sein, das den Weg zur Dolde weiß? Ich wage es nicht, auf einen bestimmten „Zweck“ hinzuweisen, um so mehr als ja, wie bereits hervorgehoben wurde, sehr viele Stöcke der Purpurblüte entbehren und ebenso gut gedeihen und Samen ansetzen wie die mit Purpurblüten geschmückten.

Über die Bedeutung dieser roten „Mohrblüte“ sind sehr verschiedene Ansichten geäußert worden, die weit auseinander gehen, aber experimentell nicht beweisbar sind. Über die einschlägige

Literatur s. G. Hegi, Illustrierte Flora von Mitteleuropa, V. Bd., 2. T., S. 1523.

5.

Schattenbilder an Blättern.

Im Jahre 1856 hat Josef Böhm die Entdeckung gemacht, daß sich die Chlorophyllkörner der Crassulaceen in starkem Sonnenlicht verlagern.

Später hat unter anderen Senn diese Erscheinung genauer verfolgt und gezeigt, daß die unter dem Einfluß der Verschiedenheit der Richtung und Intensität des Lichtes auftretenden Veränderungen im Farbenton der Pflanzen meistens durch Gestalt- und Lageveränderungen der Chlorophyllkörner verursacht werden.

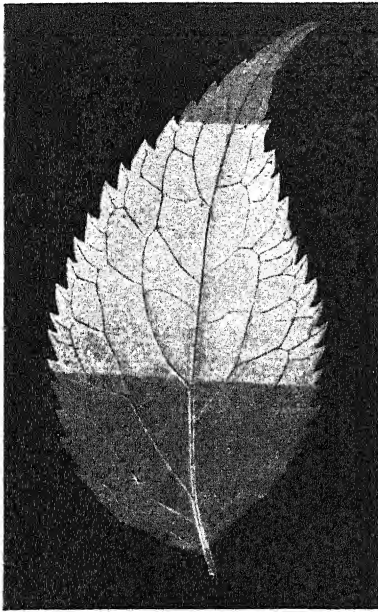
Stahl⁴¹⁾ hat eine Reihe von Versuchen beschrieben, die die Farbveränderungen im starken und schwachen Sonnenlichte deutlich erkennen lassen.

Eine Blattfieder eines im Schatten stehenden Holunderstrauches, *Sambucus nigra*, wird auf ein durchnäßtes, auf einem Teller befindliches Filtrierpapier gelegt. Darauf wird ein Teil der Spreite mit einem dicken Papierstreifen bedeckt und das Ganze der unverschleierte Sonne so ausgesetzt, daß die Strahlen senkrecht zur Blattspreite einfallen. Je nach dem Alter des Blattes und der Intensität des Lichtes wird man bald früher, bald später, oft schon nach 20 Minuten einen Unterschied in der Farbe des beschatteten und direkt beleuchteten Teiles bemerken: der beschattete hat seinen sattgrünen Farbenton behalten, während der dem Sonnenlichte direkt ausgesetzte Teil heller und bleicher geworden ist. Der Unterschied in der Farbe tritt am deutlichsten hervor, wenn man das Blatt in der Richtung, in der es von den Sonnenstrahlen getroffen wurde, betrachtet.

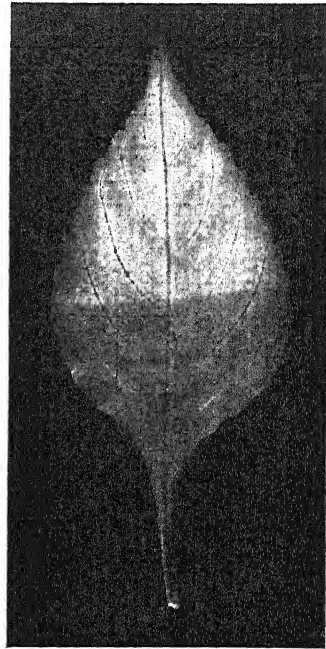
Wie sehr die Lichtdurchlässigkeit in dem beschatteten und nicht beschatteten Teil sich durch Verlagerung der Chlorophyllkörner im Holunderblatte geändert hat, zeigt sich sehr anschaulich, wenn man ein solches Blatt in einen Kopierrahmen auf Kopierpapier legt und in der Richtung, in der es vorher bestrahlt worden war, der Sonnenstrahlung aussetzt. In dem Autophotogramm erscheint der mittlere Teil heller, weil hier weniger, der obere und untere dunkler, weil hier mehr Licht durchging (Fig. 62).

Blätter, die sich für solche Versuche besonders eignen, wofern sie von an schattigen, feuchten Orten wachsenden Pflanzen entnommen sind, sind die von *Convallaria majalis*, *Urtica dioica*,

Asarum europaeum, *Viola mirabilis*, *Oxalis acetosella*, *Aegopodium podagraria*, *Ligustrum vulgare* u. a.



a



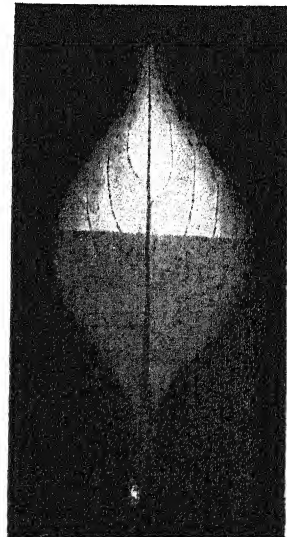
b

Fig. 62. *a* Lichtbild eines Fiederblattes von *Sambucus nigra*, das, bevor es photographiert wurde, in der Mitte mit einem dicken Papierband beschattet und der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt war. *b* u. *c* Lichtbilder der Blätter von *Impatiens Sultanii*, bei denen der obere Teil gegen die direkte Sonnenstrahlung geschützt war. S. den Text. Nach Stahl.

6.

Blüten, die am Abend und während der Nacht duften, bei Tage aber nicht.

Silene nutans, das nickende Leimkraut, eine auf trockenen Hügeln und Waldrändern häufige Pflanze, entwickelt auf ihrem durch zahlreiche Drüsenhaare klebrigen Blütenstande weiße, an der Rückseite etwas rötlich angehauchte Blüten, die eine sehr merkwürdige Eigentümlichkeit zeigen. Während des Tages sind die Blüten völlig geruchlos, so wie es aber zu dunkeln beginnt, im Sommer etwa



c

um $\frac{1}{2}$ 8 Uhr, entströmt den Blüten bis etwa 3 Uhr morgens ein höchst angenehmer, etwas an Hyazinthen erinnernder Duft, der in den ersten Nachtstunden am stärksten ist, dann abnimmt und schließlich vor Sonnenaufgang wieder völlig verschwindet.

Die Blüten werden in der Dämmerung und in der Nacht von kleinen Nachtschmetterlingen aus dem Geschlechte der Eulen (*Danthonia*) besucht.

Die periodische Erscheinung der Duftentwicklung des Leimkrautes ist von großem physiologischen Interesse, weil sie eine auffallende Anpassung an gewisse Insekten darstellt und gleichzeitig auf einen während eines astronomischen Tages stattfindenden periodisch verlaufenden chemischen Prozeß hinweist, der mit der Duftentwicklung verknüpft sein muß. Dieser läßt vermuten, daß auch sonst während der Nacht sich chemische Vorgänge vollziehen, die während des Tages stille stehen, während der Nacht aber einsetzen.

Ein bekanntes Beispiel nach dieser Richtung geben die sogenannten Fett- oder sukkulenten Pflanzen, für die Kakteen und Crassulaceen ausgezeichnete Beispiele liefern. Diese nehmen bei ihrer Atmung Sauerstoff auf, geben aber viel weniger Kohlensäure ab, als man erwarten sollte, da die Verbrennung der organischen Substanz nicht bis zur Kohlensäure geht wie bei anderen Gewächsen, sondern teilweise nur bis zu organischen Säuren. So entsteht bei *Mesembryanthemum* Oxalsäure, bei Kakteen Apfelsäure, bei den Crassulaceen Isoapfelsäure und zwar oft so reichlich, daß man die Anhäufung der Säure während der nächtlichen Atmung schon an dem sauren Geschmack bemerken kann. Bei Tage wird aber im Lichte die Säure wieder zu Kohlensäure verbrannt und diese kommt den Pflanzen wieder für die Kohlensäureassimilation zugute, da die Kohlensäure in die Sukkulente nur schwer von außen eindringt.

7.

Das Aufblühen der Nachtkerze, *Oenothera biennis* bietet dem Beobachter ein höchst interessantes Schauspiel und gleichzeitig ein schönes Beispiel einer verhältnismäßig raschen Bewegung. Die großen gelben Blüten der Nachtkerze öffnen sich im Sommer gegen Abend, bleiben während der darauffolgenden Nacht frisch, aber schon am nächsten Nachmittag beginnen sie zu welken, schrumpfen und nicht lange nachher, meist zwei Tage nach dem Öffnen der Blumenkrone, lösen sich die Blüten mittels einer knapp

über dem oberen Ende des Fruchtknotens liegenden Trennungsschicht ab. Ihre Lebensdauer ist also sehr kurz, sie dauert durchschnittlich 1—3 Tage.

Ich beobachtete am 15. August 1930 eine reichblühende, über 1 m hohe Gartenform der *Oenothera biennis* in Töschling am Wörthersee.

Gegen $\frac{1}{2}$ 7 Uhr abends oder etwas später oder früher beginnt das Öffnen der Blütenknospen mit dem Aufreißen der verwachsenen grünen Kelchblätter längs einer Kante. Gleichzeitig beginnt sich die vierstrahlige Narbe des langen Griffels langsam an der Spitze der Knospe hervorzudrängen. Während dieser Zeit üben die wachsenden 8 Staubgefäße und die 4 Blumenblätter einen solchen Druck auf die Kelchröhre aus, daß diese längs einer Kante von oben bis unten aufreißt. Um 7 Uhr beginnt das Aufreißen des Kelches von unten an einer anderen Kante. $\frac{1}{4}$ 8 Uhr schlüpft die noch geschlossene, aber bereits recht breit gewordene Korolle schon aus dem Kelch heraus, 1—2 Minuten darauf schlägt sich der Kelch unregelmäßig gefaltet zurück und nun öffnen sich die Blumenblätter so rasch, daß man ihre Bewegung oft mit freiem Auge verfolgen kann. Der Griffel überragt bereits, obwohl die Narbenzipfel noch geschlossen sind, die Korolle. Um etwa $\frac{1}{2}$ 8 Uhr ist die Blüte zu drei Viertel offen.

Das Aufblühen hat also nahezu 1 Stunde gedauert, aber das Öffnen der gelben Blumenkrone und das unmittelbar vorhergehende Zurückschlagen des Kelches vollzieht sich in etwa 3 Minuten.

Nächsten Tag beginnt am Nachmittag die Korolle zu schrumpfen und zu welken.

Will man das Aufblühen in aller Ruhe beobachten, so empfiehlt es sich, einige Sprosse mit reifen Knospen in ein Glas Wasser zu stellen und sie am Abend in ihrem Aufblühen zu verfolgen. Die vorhin angegebenen Zeiten stimmen nicht immer, denn der Ablauf des Aufblühens kann sich etwas verschieden gestalten, je nach der Temperatur, der Lichtintensität und Feuchtigkeit.

8.

Das Abfallen der Blumenkrone nach Erschütterung.

Verbascum phlomoides.

Eine der schönsten Stauden der heimischen Flora ist diese Königskerze, auch Wollkraut genannt. Wenn sie in Blüte steht, läßt sich mit ihr ein schönes Experiment machen. Man ergreife den

Stengel unterhalb der reichlich mit Blüten besetzten Traube und schüttelt sie etwa 5 Sekunden so kräftig hin und her, daß die Spitze des Blütenstandes stark nach verschiedenen Seiten schwankt. Schon während des Schüttelns fallen, was nicht auffallend ist, oft einige Blüten ab. Wartet man aber, während man den Blütenschaft ganz in Ruhe läßt, einige Zeit zu, so fallen häufig neuerdings Blüten ab, nicht selten in größerer Zahl. Ein Beispiel: Eine Pflanze hat 20 geöfönete Blüten. Ich schüttle sie durch 5 Sekunden. 4 Blüten fallen während des Schüttelns ab. Ich lasse den Stengel nun in Ruhe und beobachte, daß in den folgenden 5 Minuten neuerdings 10 Blüten abgeworfen werden.

Der Versuch gelingt am besten in den späteren Nachmittagsstunden und bei günstiger Sommertemperatur.

Die große radförmige Blumenkrone löst sich mit Hilfe einer an der Basis befindlichen Trennungsschicht ab, die während des Aufblühens schon größtenteils vorbereitet wird. Die Erschütterung unterstützt die Neigung zur Ablösung und es macht den Eindruck, als ob der Erschütterungsreiz noch auf die in Ruhe belassenen Trennungsschichten der Blütenkorollen einwirken würde und sie zum Abfallen bringt. Dabei wirkt der Kelch unterstützend mit, denn ich habe die auffallende Beobachtung gemacht, daß der 5blättrige Kelch, solange er die Blumenkrone noch umschließt, verhältnismäßig breit geöfönet ist, sobald aber die Korolle sich löst, seine früher ausgespreizten Zipfel augenblicklich zusammenschließen. Die Kelchblätter üben auf die Krone einen Druck aus und durch diesen wird die nur mehr locker befestigte Korolle aus dem Kelch herausgepreßt und fällt ab. Auch wenn man die Korolle gewaltsam entfernt, neigen die Kelchzipfel augenblicklich zusammen und zwar mit einer ganz überraschenden Schnelligkeit. Je turgeszenter der Blütenstand, desto rascher erfolgt der Zusammenschluß der Kelchzipfel. Schon die kurz vor dem Aufblühen stehende Knospe erfährt vom Kelche einen Druck, denn wenn man sie entfernt, schließen die Kelchzipfel sofort zusammen*).

*) Bei Gelegenheit dieser Beobachtungen in Töschling am Wörthersee in Kärnten machte ich auch die Wahrnehmung, daß die Blumenkronen von *Verbascum phlomoides* von großen Waldameisen besucht wurden, die die Korollen im ausgebildeten und im Knospenzustand abweiden. Sie haben es hauptsächlich auf die Blütenknospen abgesehen und beißen die Kronen schon an, bevor sie sich noch geöfönet haben.

Daß Ameisen Blumenkronen verzehren, ist ein seltener Fall; ich habe ein solches auch im Himalaya-Gebiet in Darjeeling beobachtet¹⁰⁾. Er betrifft die Korollen der Orchideen *Cymbidium eburneum* und *C. longifolium*.

Verbascum austriacum.

Noch geeigneter für das geschilderte Experiment ist diese Art, weil der verzweigte Blütenstand viel mehr Blüten hervorbringt.

Ein mit mehr als hundert Blüten versehener Stock wurde mit der Hand kräftig geschüttelt, so daß der Gipfel horizontal zur Seite neigte. Während des 5 Sekunden währenden Schüttelns fielen 15 Korollen ab. In den 2 darauffolgenden Minuten der Ruhe aber fielen 41 Blumenkronen ab. Ein anziehendes Schauspiel: Es kommt Bewegung in die Blütenregion, bald kriecht hier, bald dort, bald oben, bald unten, bald rechts, bald links eine Korolle aus dem Kelch hervor und zwar mit einer für ein Pflanzenorgan ganz auffallenden Schnelligkeit. Häufig bleibt die Korolle, bevor sie fällt, noch mehrere Sekunden an dem Griffel hängen.

Jeder, der zum ersten Male dieses Hervorkriechen der Korollen aus dem Kelch beobachtet, wird von der plötzlich auftretenden Beweglichkeit der Kronen gefesselt sein.

Nach dem Abfallen der Korollen erfolgt auch hier ein rascher Verschuß des Kelches.

In historischer Beziehung sei über dieses schöne Experiment folgendes erwähnt. Als ich meine Beobachtungen darüber abgeschlossen hatte, stieß ich in der Literatur auf eine Stelle, aus der hervorgeht, daß keinem Geringerem als Charles Darwin das Verhalten der *Verbascum*-Blüten nach Erschütterung bereits bekannt war. Er erwähnt in seinem Werke: „Different forms of flowers“ 1879, S. 78, es sei bekannt, daß viele Arten von *Verbascum*, wenn der Stamm mit einem Stock geschlagen wird, die Blüten abwerfen. Darwin fügt hinzu, daß er den Versuch mit *Verbascum thapsus* oft gemacht habe, daß die Blumenkrone sich zunächst von ihrer Befestigungsstelle abtrennt und die Kelchblätter sich darauf nach innen wenden, auf die Korollen drücken und sie so zum Abfallen nötigen. — Später hat Fitting⁴²⁾ diese Erscheinung genauer untersucht und beschrieben. Er zeigte, daß, wenn die Blütensprosse von *Verbascum thapsiforme* und *V. lychnitis* an schönen warmen Sommertagen in der von Darwin angegebenen Weise erschüttert werden, viele Blumenkronen nach 45 Sekunden bis 5 Minuten, die meisten nach etwa 1—3 Minuten abfallen. Der Fall erfolgt nach Erschütterung vorzeitig, sowohl bei den älteren als auch bei den jungen, aber nicht bei den ganz jungen. Bereits von Darwin wurde, wie bereits bemerkt, beobachtet, daß mit dem Abfallen eine Schließbewegung der Kelchblätter verbunden ist. Der Kelch ist in der

unversehrten Blüte gespreizt und vorhandene Gewebespannungen in den Kelchblättern üben einen Druck auf die Korolle aus. Löst sich diese ab, so drückt der Kelch auf die Blumenkrone und quetscht sie ab.

Die Ablösung erfolgt durch eine schon frühzeitig angelegte Trennungsschicht und die Abtrennung der Korolle nach erfolgter Erschütterung wird von Fitting als Reizerscheinung angesehen. —

Veronica chamaedrys, der Gamander-Ehrenpreis, verhält sich, wie Fitting fand, ähnlich wie *Verbascum*. An warmen Frühlingstagen läßt diese Pflanze ihre Blüten wenige Minuten nach einer kräftigen Erschütterung reichlich fallen, sowohl alte, wie junge, deren Antheren sich erst geöffnet haben oder sogar noch geschlossen sind. Das Fallen erfolgt $\frac{1}{2}$ —6 Minuten, für die Mehrzahl zwischen $\frac{3}{4}$ —3 Minuten nach dem Schütteln.

Auch hier macht der Kelch nach der Ablösung der Krone wie bei der Königskerze eine plötzliche Schließbewegung.

9.

Explodierende Staubgefäße.

Um die Ausbreitung des stäubenden Pollens zu unterstützen, ist bei der Brennessel und einigen Verwandten eine Einrichtung getroffen, die seit langem bekannt ist, aber nur von sehr wenigen Pflanzenfreunden gesehen wurde. Ich meine das Explodieren der Staubgefäße.

Pflückt man einen mit männlichen Blütenknospen sehr reichlich versehenen Zweig der zweihäusigen Brennessel, *Urtica dioica*, stellt ihn in ein Glas Wasser und beobachtet im Zimmer, so kann man, falls die Blütenknospen knapp vor dem Aufblühen stehen und die Umstände für das Öffnen der Blüten auch sonst günstig sind, beobachten, wie bald hier, bald dort, bald oben, bald unten, sich die Blüten plötzlich öffnen, die früher in der Knospe eingeklemmten 4 Staubgefäße sich mit einem Ruck gleichzeitig gerade strecken und aus ihren platzenden Antheren kleine Wölkchen von Blütenstaub entbinden. Es gewährt ein anziehendes Schauspiel, diese Explosionen der Antheren zu verfolgen, das sich wie ein Geschützfeuer im kleinsten Stile ausnimmt und mit dem plötzlichen Auftauchen der weißen Wölkchen an Wetterleuchten erinnert.

Am schönsten läßt sich das plötzliche Entbinden der Staubwölkchen durch die plötzlich sich öffnenden Staubbeutel beobachten, wenn man einen frisch gepflückten Blütensproß in ein Glas Wasser

stellt, mit einer Glasglocke bedeckt, diese mit Wasser absperirt, den Sproß 1—2 Stunden in dunstgesättigtem Raum beläßt und dann die Glasglocke im Sonnenschein abhebt. Es dauert nicht lange und das Geschützfeuer beginnt und kann längere Zeit beobachtet werden.

Bei *Parietaria officinalis*, dem gebräuchlichen Glaskraut, kommt die Explosion dadurch zustande, daß durch die Entfernung einer Hemmung das turgeszierende, elastisch zusammengedrückte Gewebe der Vorderseite des Staubfadens entspannt wird⁴³⁾.

Im Himalajagebiet bei Darjeeling habe ich bei den hier vorkommenden *Pilea*-Arten das Explodieren der Staubgefäße gut beobachten können, besonders schön, wenn ich den Blütenstand in eine feuchte Petrischale im Zimmer 1—2 Stunden liegen ließ und dann die Schale im direkten Sonnenlichte öffnete. Es dauerte dann nicht lange, so folgt Explosion auf Explosion. An den männlichen Ähren des Papiermaulbeerbaumes, *Broussonetia papyrifera*, läßt sich auch das interessante Schauspiel der explodierenden Staubgefäße verfolgen.

Wo es sich um explodierende Staubgefäße handelt, sind die Filamente in der reifen Blüte gespannt und das Losschnellen wird durch eine Hemmung verhindert. Diese kann nach Goebel³⁰⁾ (p. 133) verursacht sein durch das Anpressen der Staubbeutel gegen das Fruchtknotenrudiment, durch gegenseitigen Druck der ziemlich großen Antheren oder durch Einpressen des Staubfadens in eine Furche der Antheren. Sowie die Hemmung beseitigt wird, tritt das Losschnellen ein.

Welchen Nutzen hat die Pflanze von dem explosionsartigen Entbinden des Blütenstaubes in kleinen Wölkchen? Durch das Abschießen des Pollens wird dieser gewiß auf eine größere Fläche verbreitet und damit wächst die Wahrscheinlichkeit, daß der Pollen von der männlichen Pflanze auf die weibliche kommt — vorausgesetzt, daß die Luft ruhig ist. Bei Wind könnte allerdings derselbe Effekt auch ohne Explosionen erzielt werden wie bei zahlreichen anderen windblütigen Pflanzen.

10.

Ein auffallendes Geknatter beim Erhitzen gewisser Blätter.

Hält man ein Lorbeerblatt über der Flamme eines Mikrobrenners oder eines brennenden Zündholzes, so erfolgt unter Blasenbildung ein heftiges Geknatter, ein so starkes, daß es durch mehrere Zimmer gehört werden kann.

Bei den Detonationen werden von den entstehenden Blasen kreisrunde Stücke des Gewebes, bestehend aus der Oberhaut mit anhaftenden Grund- und Stranggewebe, abgesprengt und auch fortgeschleudert.

Da das Lorbeerblatt durch Ölzellen ausgezeichnet ist, so erscheint es wahrscheinlich, daß das beim Erhitzen sich verflüchtigende Öl einen solchen Druck auf die umliegenden Gewebe ausübt, daß er den Zusammenhang der Gewebe gewaltsam sprengt. Auch *Peperomia*-Blätter knallen unter den erwähnten Umständen, nur schwächer, unter gleichzeitiger Abhebung der Oberhaut an der Unterseite des Blattes. Das Blatt der *Aralia* (*Fatsia*) *japonica* und der Ampelidee *Vitis Voineriana*, das ziemlich dick ist, zeigt dasselbe, obwohl hier keine öligen Sekretbehälter vorhanden sind. Es genügen hier offenbar die infolge der Erhitzung plötzlich entstehenden Wasserdämpfe, die die Sprengung des Gewebes und den Knall veranlassen.

Von maßgebender Bedeutung für das Geknatter und die explosionsartige Abhebung der Oberhaut dürfte auch der anatomische Bau des Blattes, der Gehalt an Luft und die schwere Entweichung der erhitzten Luft und des Wasserdampfes sein.

Bei der Erhitzung verschiedener Koniferenblätter, besonders trockener, kommt es gleichfalls zu einem Geknatter, ja beim Anzünden der Nadeln sogar zur Bildung von Stichflammen, die wohl zweifellos von dem Harz des Blattgewebes herrühren.

II.

Pilze als Artilleristen.

Naturalia non sunt turpia. Dieses alte Sprichwort kommt auch bei der Kultur von Pilzen auf Pferdedünger zur Geltung, denn der wahre Pilzfreund wird auch viel Freude und Vergnügen erleben, wenn er die auf frischem Pferdemist nacheinander auftretenden, reizenden Pilzarten verfolgt. Ein Versuch wird uns darüber belehren.

Wir legen auf eine glasierte Tonschale oder in Ermangelung einer solchen auf einen Glasvogelnapf oder einen Suppenteller frischen, von der Straße geholten Pferdemist (Roßäpfel) und bedecken ihn mit einer Glasglocke oder einem Trinkglas. Nach einigen Tagen tritt ein Wald von Schimmelpilzen, zumeist *Mucor mucedo* auf, aus dem bald die Fruchträger mit den schwärzlichen Sporangien heranwachsen. Die Lebensdauer dieses Schimmelpilzes ist eine kurze, denn schon nach einigen Tagen fallen die spinnwebartigen

weißen Fäden samt den Sporangien zusammen und an Stelle des Mucor tritt nun ein äußerst zierlicher, wie Glas durchsichtiger, etwa 1—2 cm langer Pilz auf, der, wie gleich auseinandergesetzt werden wird, seine Sporangien auf weite Strecken abschleudert. Aber auch er ist von kurzer Dauer, denn schon nach 2—6 Tagen fällt er zusammen, verschwindet und nun erscheint ein kleiner Hutpilz aus dem Geschlechte des Coprinus. Seine Fruchtkörper sind ziemlich vergänglich und dadurch ausgezeichnet, daß sie bei manchen Arten zu einer schwarzen, tintenartigen Masse zusammenfließen, in der die zahlreichen Sporen schwimmen. Nachdem dieser Pilz abgewirtschaftet hat, erscheinen kleine Scheibchen von wenigen Millimeter Durchmesser, es sind die Fruchtkörper eines Schlauchpilzes, des Ascobolus. So folgen auf dem Pferdemit Generationen verschiedener Pilze regelmäßig aufeinander, bis der Nährboden aufgebraucht ist*).

Nach dieser Betrachtung kehren wir wieder zu dem vorher erwähnten Pilobolus zurück. Sein Sporangium besteht aus der Wand, dem Plasma, den zahlreichen Sporen und dem in das Sporangium sich kugelförmig vorwölbenden Ende des Trägers, der Columella. Sobald der Turgor des Trägers eine gewisse Höhe erreicht hat, reißt er und schleudert das Sporangium weithin ab.

Waren die sich entwickelnden Sporangienträger einseitig beleuchtet, so wenden sie sich scharf der Lichtquelle zu und schleudern die mit einem schwarzen Käppchen versehenen Sporangien mit solcher Kraft unter einem deutlich hörbaren Knistern ab, daß sie an dem Glase der Glocke haften bleiben. Schon mit freiem Auge kann man die kleinen Geschosse an der Glaswand in großer Zahl als schwarze Punkte nebeneinander liegen sehen.

Die Schußweite beträgt nach Pringsheim und Czurda⁴⁴⁾, wenn der Pilz von oben beleuchtet wird, er also das Sporangium nach oben abschießt, 80 cm, wenn er horizontal belichtet wird, 110—120 cm und wenn das Licht schräg von oben auf ihn fällt, 180—200 cm.

Die Fluggeschwindigkeit wurde im Anfang der Flugbahn zu durchschnittlich etwa 14 m-sek. bestimmt. Der Pilobolus zeigt sehr schönen positiven Heliotropismus, seine Sporangienträger wenden sich stets dem Lichte zu und schleudern auch die Sporangien zur Lichtquelle. Dies kann leicht veranschaulicht werden, wenn man das

*) In seltenen Fällen tritt die geschilderte Aufeinanderfolge der erwähnten Pilze aus mir unbekannten Gründen nicht ein; sie bleiben größtenteils aus.

die Pilzkultur bedeckende Trinkglas mit schwarzem Papier umhüllt und durch ein ausgestanztes Loch Licht einfallen läßt. Dann wird die Mehrzahl der Sporangien nach dem Lichtloch als Ziel abgeschleudert.

Der Sinn dieser ausgezeichneten Schießvorrichtung liegt wohl klar zutage, denn es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß durch sie die Sporangien mit den darin enthaltenen Sporen auf weite Strecken verbreitet werden.

12.

Das Eindringen der Winterknospen kriechender Brombeersprosse in den Boden

läßt sich bei verschiedenen Rubus-Arten oft beobachten. Die im Herbste gebildete Endknospe erscheint samt einem oft nicht unbeträchtlichen Stück des dazu gehörigen Stengels in den Boden hinabgezogen, überwintert hier in der Erde, treibt, den Sproß fortsetzend, im nächsten Frühling aus, wächst vom neuen im Bogen zur Erde und wurzelt sich wieder ein. So kriechen die Sprosse häufig mehrere Meter weit dahin und sind ihrem Alter entsprechend an ein, zwei, drei oder noch mehr Stellen eingewurzelt. —

Das Eindringen der Endknospe beruht auf einer Zusammenziehung der ausgewachsenen Teile der Wurzeln. Die am auffallend verdickten Ende des Sprosses sich entwickelnden Wurzeln dringen in die Erde ein und ziehen, indem sie sich nachträglich bei Wasseraufnahme verkürzen, die Knospe so weit mit sich, daß sie oft ganz in den Boden eingebettet wird. —

Diese Wurzelverkürzung spielt auch sonst im Pflanzenleben eine nicht unbedeutende Rolle. Wenn viele „Rosettenpflanzen“ trotz des andauernden Längenwachstums ihres Stengels immer dem Boden fest angedrückt bleiben, viele Knollen und Zwiebeln in eine bestimmte Tiefe eindringen und wenn die jungen Klee- und andere Pflänzchen tiefer in den Boden gezogen werden, so wird dies durch die Kontraktion der älteren Teile der Wurzel bewirkt.

13.

Der Einfluß des Kastrierens auf das Schließen der Blüten von *Portulaca*.

Bei meiner Beschäftigung mit der Blütenbiologie der Eintagsblüten habe ich die Beobachtung gemacht, daß die Blüten von *Portulaca*, wenn ihre Staubgefäße und der Griffel entfernt werden, sich früher schließen als unversehrte.

Wie bereits an anderer Stelle bemerkt wurde, öffnen sich an sonnigen Tagen die Portulak-Blüten morgens und schließen sich bereits zeitlich am Nachmittag. Will man den Einfluß des Kastrierens auf die Blüten kennen lernen, so verfähre man in folgender Weise. Man schneide morgens, nachdem sich die Blüten geöffnet haben, Sprosse mit geöffneten Blüten ab und stelle sie sofort in ein Glas Wasser. Die eine Hälfte der Blumen bleibt unversehrt, die andere wird kastriert, indem Griffel und Staubblätter am Grunde der Korolle mit einer Pinzette entfernt werden. Die Versuchsobjekte werden an ein sonniges Fenster in reiner Luft aufgestellt. Nachmittags 2 Uhr waren fast alle kastrierten Blüten bereits geschlossen, während die unversehrten noch offen waren.

Der folgende Versuch wird das noch deutlicher machen. Am 25. Aug. 1930 wurden 20 Sprosse mit je einer Blüte um 8 Uhr morgens abgeschnitten und in ein Glas Wasser gestellt. 10 Blüten blieben unverletzt, 10 wurden kastriert und alle wurden sodann an einem sonnigen Fenster aufgestellt.

Um 2 Uhr nachmittags waren von den 10 unversehrten 9 offen, von den kastrierten aber waren schon 8 völlig geschlossen. Die Versuche wurden oft wiederholt, im wesentlichen stets mit demselben Erfolg. Das Resultat der Versuche überraschte mich, ich hatte eigentlich das Gegenteil erwartet. Es ist ja bekannt, daß bei Orchideen die Verhinderung der Befruchtung ein längeres Frischbleiben und eine längere Lebensdauer nach sich zieht (*Cattleya*, *Phalaenopsis* usw.). Es scheint mir daher wahrscheinlich, daß in den geschilderten Versuchen vielleicht nicht die Verhinderung der Bestäubung, sondern der mit der Entfernung der Geschlechtsorgane verknüpfte Wundreiz das frühere Schließen der Portulak-Blüte veranlaßt.

Dasselbe beobachte ich auch bei den Blüten von *Oenothera*, doch waren die Resultate nicht so deutlich wie bei *Portulaca*.

14.

Honigtau.

Unter Honigtau versteht man gewöhnlich die kleinen Tröpfchen oder auch zusammenhängenden Überzüge einer klebrigen süßen Substanz, die man im Frühjahr und Sommer auf der Oberfläche der Blätter verschiedener Pflanzen vorfindet. Besonders schön auf dem Laube der Linden, des Ahorns, des Holunders und vieler anderer.

Diese Tröpfchen rühren von Schildläusen, gewöhnlich aber von Blattläusen her, die sie aus ihrem After ausspritzen. Ein einziges Individuum einer auf dem Ahorn lebenden Blattlausart liefert innerhalb 24 Stunden 48 Tropfen von etwa 1 mm Durchmesser, eine Camellien-Schildlaus in derselben Zeit 13 Tropfen Honigtau. Büsgen⁴⁵⁾ berechnete, daß Blattläuse von einem mit 15 Blättern besetzten Zweig bei mäßiger Besiedlung 1440 Tröpfchen Honigtau ausspritzen.

Von einem Ahornbaume fällt der Honigtau manchmal so reichlich nieder, daß der Boden davon buchstäblich naß erscheint. Ich habe in Japan in der Nähe von Sendai einmal, als ich vor einem Baum mit dunklem Waldhintergrund im Sonnenschein stand, einen förmlichen Regen von den Blättern niederrieseln sehen, der aus Tausenden von Zuckertröpfchen bestand, die von Blattläusen ausgespritzt und von der Sonne grell beleuchtet, vor dem dunklen Waldhintergrund deutlich gesehen werden konnten.

Die Blattläuse sammeln sich an der wachsenden Region junger Stengel und an der Blattunterseite oft in großen Mengen an. Hält man unter der Ansammlung das Augenglas oder eine Glasplatte kurze Zeit, so kann man viele Tröpfchen sehen. Sie erweisen sich bei näherer Prüfung als sehr zuckerreich und bieten für keimende Pilzsporen insbesondere für Rußtaupilze, ein günstiges Substrat. Diese überziehen die Blätter oft mit einer schwarzen Decke, entziehen dadurch den Blättern das nötige Licht und schädigen sie in ihrer Leistung.

Die Zuckertröpfchen werden von den Blattläusen nicht aus den beiden Rückenröhrchen, wie oft fälschlich angegeben wird, sondern aus dem After ausgeschieden. Den Zuckersaft entnehmen sie durch Einstich aus der Pflanze.

Es wird angegeben, daß der Honigtau auch von der Pflanze durch die Kutikula und die Spaltöffnungen ausgeschieden werden kann. Wenn das wirklich der Fall sein sollte, so ist es gewiß sehr selten; ich habe dies nie beobachtet, denn, wo ich Honigtau feststellte, rührte er stets von Blatt- und Schildläusen her.

15.

Über die Ausscheidung von Sauerstoffblasen durch die weibliche Blüte der Wasserpest, *Elodea canadensis*.

Diese Pflanze ist aus Kanada vor etwa 94 Jahren nach Europa als weibliche Pflanze eingewandert und hat sich hier in Tümpeln, Teichen, Kanälen und Seen als sehr unwillkommener Gast einge-

bürgert und so vermehrt, daß sie der Schifffahrt lästig wurde und daher den Namen Wasserpest erhielt. Sie ist eine sehr beliebte Aquariumpflanze und für pflanzenphysiologische Institute ein sehr häufig und gerne benütztes Experimentalobjekt.

Die weibliche Blüte — männliche findet man in Europa, abgesehen von Schottland, nicht — besteht aus einem Fruchtknoten, der dicht am beblätterten Stengel aufsitzt und in einen langen (5—10 cm) fadenförmigen Halsteil übergeht. An der Spitze des Halsteils finden sich die Perigonblätter, Staminodien und Narben vor. Die Perigonblätter stehen in zwei Kreisen zu je drei. Die drei äußeren sind rötlich gefärbt und enden in eine kapuzenartige Spitze. Die inneren sind oben abgerundet, weiß oder schwach rötlich. Wechselnd mit den inneren Perigonblättern stehen weißliche als Staminodien gedeutete Fäden. Gekrönt wird die Blüte von drei nach auswärts zurückgekrümmten Narben, bedeckt mit zahlreichen rot gefärbten haarartigen Papillen.

An einem kurzen blütentragenden Sproß, der sich in einem größeren Glasgefäß unter Wasser befindet, läßt sich folgendes beobachten.

Wenn die Blüte entwickelt ist und die Kohlensäureassimilation in direktem Sonnenlicht und unter sonst günstigen Bedingungen einsetzt, so erscheint auf der Blüte eine Gasblase, die sich allmählich vergrößert. Gleichzeitig beginnt sich der fadenförmige Halsteil, wenn er horizontal oder schief gelagert war, aufzurichten und den beblätterten Sproß so lange nachzuziehen, bis die Blüte den Wasserspiegel erreicht und die darauf sitzende Sauerstoffblase platzt. Darnach bleibt die mit Wasser kaum benetzbare Blüte entweder auf dem Wasser sitzen oder sie sinkt wieder unter. Dann bildet sich vom neuen ein Sauerstoffbläschen, der Zweig steigt bis zur Wasseroberfläche empor, das Bläschen platzt, der Sproß sinkt wieder und dieser Vorgang kann sich oft und oft wiederholen.

Es ist ein reizendes Schauspiel, einen solchen blütentragenden Sproß wie ein lebendiges cartesiansches Teufelchen oft eine Stunde lang auf- und absteigen zu sehen, wenn die Blüte infolge ihrer schweren Benetzbarkeit nicht dauernd auf dem Wasserspiegel verbleibt. Dieser Versuch ist deshalb bemerkenswert, weil hier eine Einrichtung für den Austritt des bei der Kohlensäureassimilation gebildeten Sauerstoffgases an einer bestimmten Stelle besteht. Das Gas tritt höchstwahrscheinlich der Hauptmasse nach aus den

Spaltöffnungen der Oberseite der drei äußeren Perigonblätter aus; denn wenn man mit der Lupe die Entstehung des Bläschens unter Wasser verfolgt, so sieht man, wie sich das Gas gerade an dem eben erwähnten Orte ansammelt. Schneidet man das Perigon am Ende des Halsteils ab, so kommt die Gasblase alsbald aus den großen Luftinterzellularen der Schnittfläche hervor, wird immer größer, hebt den Sproß empor und nun wiederholt sich dasselbe Schauspiel des Auf- und Absteigens des Sprosses, wie es eben beschrieben wurde.

Bekanntlich treten bei *Elodea* während der Kohlensäureassimilation die Gasblasen gewöhnlich aus oberflächlich gelegenen Wunden und Bruchstellen hervor. Wenn aber die Blasenbildung auf der Blüte erfolgt, so unterbleibt die Entwicklung der Bläschen an der Basis des Stengels oder sie wird bedeutend schwächer.

Der geschilderte Vorgang, das Erscheinen der Sauerstoffblasen am Gipfel der Blüte, stellt eine für die Pflanze in der Natur vorteilhafte Einrichtung dar. Die Blüte darf nicht unter Wasser bleiben, sie muß an die Oberfläche des Wasserspiegels gelangen, denn nur hier kann mit großer Wahrscheinlichkeit die Bestäubung von dem auf dem Wasser schwimmenden männlichen Blüten vollzogen werden. Es liegt der bisher im Pflanzenreiche nicht beobachtete Fall vor, daß der bei der Kohlensäureassimilation entbundene Sauerstoff nach einer bestimmten Stelle geführt wird und dadurch den Aufstieg der weiblichen Blüte zum Wasserspiegel vermittelt.

16.

Schluß.

Es wäre nicht schwer, den geschilderten Versuchen noch viele andere anzuschließen, aber ich hoffe, die beschriebenen werden genügen, dem Leser zu zeigen, daß man in der Natur auf Schritt und Tritt den Pflanzen interessante Dinge ablauschen und ohne Apparate veranschaulichen kann. Es schien mir wertvoll, dem Pflanzenfreund recht deutlich zu machen, wie überaus einfach sich sehr lehrreiche Versuche gestalten lassen. — Der große amerikanische Naturforscher und Staatsmann Benjamin Franklin hatte sich zwar einer Übertreibung schuldig gemacht, aber so ganz Unrecht hatte er nicht, als er sagte:

„Der Naturforscher muß mit einem Bohrer sägen
und mit einer Säge bohren können“.

Literatur.

Um denjenigen, die das Bedürfnis fühlen, in das Wesen der behandelten Versuche und Beobachtungen tiefer einzudringen, entgegenzukommen, sollen im folgenden Hinweise auf die einschlägige Literatur gegeben werden, wo dies empfehlenswert erscheint. Dabei wird aber, dies sei gleich bemerkt, keineswegs Vollständigkeit angestrebt; immerhin wird der Leser an der Hand der angeführten Literatur, sich leicht zurecht finden.

- 1) Molisch, H., Anatomie der Pflanze. 3. Aufl. Jena 1927.
- 2) — Über vorübergehende Rotfärbung der Chlorophyllkörner in Laubblättern. Ber. d. deutsch. botan. Ges. 1902, Bd. XX, Heft 8, p. 442.
- 3) Neger, Fr. W., Biologie der Pflanzen. Stuttgart 1913. (Silberfleck p. 73, Drehung der Blätter p. 37.)
- 4) Moebius, M., Die Entstehung der schwarzen Färbung bei den Pflanzen. Ber. d. deutsch. botan. Ges. 1920, Bd. XXXVIII, p. 252.
- 5) Molisch, H., Über den Wasserkelch der Blütenknospe von *Aconitum variegatum* L. Ber. d. deutsch. botan. Ges. 1920, Bd. XXXVIII, p. 341.
- 6) Figdor, W., Die Erscheinung der Anisophyllie. Leipzig und Wien 1909.
- 7) Molisch, H., Über die Sichtbarmachung der Bewegung mikroskopisch kleinster Teilchen für das freie Auge. Sitzber. d. K. Akad. d. Wiss. in Wien, mathem.-naturw. Kl. 1907, Bd. CXVI, Abt. I, p. 467.
- 8) Gentner, G., Über den Blauglanz auf Blättern und Früchten. Flora 1909, Bd. XCIX, p. 337.
- 9) Molisch, H., Mikrochemie der Pflanze. 3. Aufl. Jena 1923.
- 10) — Als Naturforscher in Indien. Jena 1930. (Seifenblasen p. 30, Todesring p. 151.)
- 10a) Werner, O., Farbstoffbildung im Blatt bei supramaximaler Temperatur. Österr. botan. Zeitschr. 1928, Bd. LXXVII, p. 43.
- 11) Harder, R., Beobachtungen über die Temperaturen der Assimilationsorgane sommergrüner Pflanzen in der algerischen Wüste. Zeitschr. f. Bot. 1930, Bd. XXIII, p. 703.
- 12) Stahl, E., Regenfall und Blattgestalt. Extrait des Annales du jardin Bot. de Buitenzorg, Vol. XI, p. 98.
- 13) Jungner, J. R., Anpassungen der Pflanzen an das Klima in den Gegenden der regnerischen Kamerungebirge. Bot. Zentralbl. 1891, Bd. LXVII, Nr. 12.
- 14) Hofmeister, Jahrb. f. wiss. Botanik. 1860, Bd. II.
- 14a) Sachs, J., Lehrbuch d. Botanik, p. 692. Leipzig 1873.
- 15) Molisch, H. und Zeisel, G., Ein neues Vorkommen von Cumarin. Ber. d. deutsch. botan. Ges. 1888, Bd. VI, p. 353.
- 16) — Pflanzenbiologie in Japan. Jena 1926. (Eisenspeicherung p. 48, Lathraea p. 188.)
- 17) Wiesner, J., Über die Zerstörung der Hölzer an der Atmosphäre. Sitzber. d. K. Akad. d. Wiss. in Wien 1864, Bd. XLIX.
- 18) Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 6. Aufl. Jena 1930. (Laubfall p. 213.)
- 19) — Über eine auffallende Farbenänderung einer Blüte durch Wassertropfen und Kohlensäure. Ber. d. deutsch. botan. Ges. 1921, Bd. XXXIX, p. 57.
- 20) — Über den Farbenwechsel Anthokyan haltiger Blätter bei rasch eintretendem Tode. Botan. Zeitung 1888.
- 21) — Über den braunen Farbstoff der Phaeophyceen und Diatomeen. Botan. Zeitung 1905, p. 131.

- 21a) Molisch, H., Über lokale Membranfärbung durch Manganverbindungen usw. Sitzber. d. K. Akad. d. Wiss. in Wien 1909, Bd. CXVIII, p. 1428.
- 22) — Über den mikrochemischen Nachweis von Nitraten und Nitriten in der Pflanze usw. Ber. d. deutsch. botan. Ges. 1883, Bd. I, p. 150.
- 23) — Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen. Jena 1892, p. 90.
- 24) — Über das Ausfließen des Saftes aus Stammstücken von Lianen. Sitzber. d. K. Akad. d. Wiss. in Wien 1898, Bd. CVII, Abt. I, p. 977.
- 25) Das Offen- und Geschlossensein der Spaltöffnungen, veranschaulicht durch eine neue Methode (Infiltrationsmethode). Zeitschr. f. Botan. 1912, p. 106.
- 26) Stahl, E., Einige Versuche über Transpiration und Assimilation. Botan. Zeitung 1894, p. 117.
- 26a) Weber, Fr., Stomata-Öffnungszustand, bestimmt mit Cellophan. Ber. d. deutsch. botan. Ges. 1927, Bd. XLV, p. 534.
- 27) Molisch, H., Über hochgradige Selbsterwärmung lebender Laubblätter. Botan. Zeitung. 1908, p. 211.
- 28) — Leuchtende Pflanzen. 2. Aufl. Jena 1912.
- 29) — Das Warmbad als Mittel zum Treiben der Pflanzen. Jena 1909.
- 30) Goebel, K., Die Entfaltungsbewegungen der Pflanzen usw. Jena 1920. (Berberis p. 350, Gentiana p. 373, Reizbarkeit der Griffel p. 366, der Narben p. 360, Explodierende Staubgefäße p. 330.)
- 31) Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. 1904, p. 434.
- 32) Molisch, H., Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen. Jena 1897.
- 33) — Die Lebensdauer der Pflanze. Jena 1929.
- 34) — Über die Vergilbung der Blätter. Sitzber. d. K. Akad. d. Wiss. in Wien 1918.
- 35) Richter, O., Über das Erhaltenbleiben des Chlorophylls in herbstlich verfärbten und abgefallenen Blättern durch Tiere. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 1915, Bd. XXV, Heft 7, p. 385.
- 36) Kirchner, O. v., Blumen und Insekten. Leipzig und Berlin 1911.
- 37) Darwin, Ch., Über die Einrichtungen zur Befruchtung britischer und ausländischer Orchideen durch Insekten. Stuttgart 1862.
- 38) Molisch, H., Neues über die Orchideenblüte. Zeitschr. f. Botanik 1930, Bd. XXII, p. 593.
- 39) Sernander, R., Entwurf einer Monographie der europäischen Myrmecochoren. Upsala 1906.
- 40) Molisch, H., Populäre biologische Vorträge. 2. Aufl. Jena 1922, p. 209.
- 41) Stahl, E., Zur Biologie des Chlorophylls usw. Jena 1909. (Schattenbilder p. 50, Rundeln p. 136.)
- 42) Fitting, H., Untersuchungen über vorzeitige Entblätterung von Blüten. Jahrb. f. wiss. Botanik 1911, Bd. XLIX, p. 187.
- 43) Askenasy, E., Über explodierende Staubgefäße. Verhandl. d. nat.-hist.-medizin. Ver. zu Heidelberg. Neue Serie, Bd. II, Heft 4.
- 44) Pringsheim, E. G. und Czurda, V., Phototropische und ballistische Probleme bei Pilobolus. Jahrb. f. wiss. Botanik 1927, Bd. LXVI, p. 863.
- 45) Büsgen, M., Honigtau. Biol. Zentralbl. 1891, Bd. XI, p. 193.
- 46) Wicke, W., Beobachtungen an Chenopodium vulvaria über die Ausscheidung von Trimethylamin. Botan. Zeitung 1862, p. 393.
- 46a) Klein, G. und Steiner, M., Stickstoffbasen im Eiweißabbau höherer Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Botanik 1928, Bd. LXVIII, p. 602.
- 47) Brauner, L., Pflanzenphysiologisches Praktikum. I. Teil. Jena 1929, p. 16—27.
- 48) Molisch, H., Im Land der aufgehenden Sonne. Wien 1927, p. 251.

Sachverzeichnis.

A.

Abfallen der Verbascom-Blüten 181.
 Abutilon, infektiöse Panaschierung 60.
 Acer, Anisophyllie 15—16.
 — Eiszapfen 69—70.
 — verzögerte Vergilbung 144.
 Aconitum, Wasserkelch 13.
 Adansonia, Alter 135.
 Aesculus, Fluoreszenz 24.
 — Eisenspeicherung der Samenhaut 39.
 — Farbenänderung der Rinde 51.
 Agapanthus, Schraubengefäßbänder 3.
 — Schleim 3.
 Agaricus 91.
 Ageratum mexicanum, Cumarinpflanze 37—38.
 Ajuga, Blauglanz der Blätter 22.
 Algenrasen, Erwärmung des 26.
 Alkalische Säfte 36.
 Aloë-Arten, Rotfärbung der Chlorophyllkörner 7—8.
 Alter, Bestimmung des 131.
 — der Pflanze 131—139.
 — — Bäume 134—135.
 — — Laubmoose 132.
 — des Lycopodium 133.
 — Polygonatum-Rhizoms 133.
 — der Blüten 136—137.
 — Blätter 138—139.
 Ameisenpflanzen 176—177.
 Ameisensäure, abgesondert von Ameisen 37.
 Ammobium, Bewegung der Hüllblätter 112.
 Ampelideen, Perldrüsen der 10—11.
 Anemone, Alter 134.
 Anisophyllie 15—16.
 Anthericum, Bestimmung des Alters 134.
 Anthokyan; Herstellung einer Lösung 41.
 — Eigenschaften 41.
 — Blüten unter Einwirkung von Salzsäure- und Ammoniakdämpfen 42.
 — Wandlung seiner Farbe in der Blüte 41.
 — — — durch Schwefeldioxyd 42.
 — und Temperatur 43.
 — und Sauerstoff 50.
 — Versuche mit 41.
 — als Ursache schwarzer Färbung 11—12.
 — Steigerung seiner Bildung 45—46.
 — Farbenwechsel der Blätter 47—48.
 Anthophäin 12.
 Anthoxanthum, Cumarinpflanze 38.
 Arabis, ausziehbare Gefäßbündel 4.

Araucaria 157.
 — Bräunung der Blätter 28.
 Aristolochia-Blüte 87.
 Aroideen-Blütenkolben, Wärmeentwicklung 162—163.
 Artilleristen unter Pilzen 186.
 Arum-Blütenkolben, Wärmeentwicklung der 87.
 Asperula odorata, Cumarinduft 37.
 Asarum, Alter 134.
 Assimilate 81.
 Assimilationsstrom 81—84.
 Asterblüte als Immortelle 43.
 Atmosphäre, innere 30.
 Atmung 84.
 Aucuba, Stellung der Blätter beim Gefrieren 131.
 Auftauen 130.
 Auricularia 64.
 Avernhoia, Pflanzenschlaf 127.

B.

Bakterien, thermophile 88.
 Bambusa, Durchbrechung des Bodens 67.
 — Leuchten der Blätter 93.
 Bananenblattscheide, Wachstum der 95.
 Basen, flüchtige werden ausgeschieden 37.
 Baumwollhaar 3.
 Begonia, Silberflecke 10.
 — Farbenwandlung der Blätter beim Gefrieren 131.
 Berberis, Bewegung der Staubfäden 121.
 Benetzbarkeit der Blätter 31.
 Bestäubung 161.
 Betulin, in der Birkenrinde 11.
 Bewegungen 105.
 Birnenblüten scheiden Trimethylamin aus 36.
 Birkenrinde, weiße Farbe 11.
 Birkenwein 68.
 Blattläuse und Honigtau 190.
 Blätter, durchsichtige 35.
 — leuchtende 93—94.
 — Wasseraufnahme der 80.
 — Stellung beim Gefrieren 131.
 — Vergilbung der 140—144.
 — Schattenbilder der 178.
 Blattstecklinge 152.
 Blauglanz der Blätter 22.
 Bleichsucht 59.
 Blitzpulver 34.
 Bluten 68—70.
 — des Weinstockes 68.

Bluten der Birke 68.
 — des Ahorns 68.
 Blutfarbe, in den Fingerspitzen sichtbar gemacht 20.
 Blüten, Luftgehalt der 10.
 — in der Nacht duftend 179.
 Blütenstaub der Föhre 34.
 — und Heuschnupfen 174—175.
 Blütenpflanzen ohne Früchte 159.
 Borkenbildung an der Nord- und Südseite 5.
 Bostocksche Krankheit 174.
 Brassica 98.
 Braunalgen, Farbumschlag der 53.
 Bräunung des Holzes 39—40.
 Braungelbfärbung säurereicher Pflanzen 56.
 Brechen der Zweige 83.
 Brombeerwinterknospen, Eindringen in den Boden 188.
 Broussonetia, alt und jung 158.
 Brownsche Molekularbewegung 16—18.
 Brüchigkeit der Zweige 5.
 Brunfelsia, Farbenänderung der Blüte 50.
 Brutzwiebeln 153.
 Buchenblätter, Leuchten der 93.

C.

Caladium, Durchsichtigkeit der Blätter 35.
 Calamus rotang 71.
 Capparis, Farbenänderung der Blüte 49.
 Cardamine, Blattsteckling der 153.
 Carlina, Bewegung der Hüllblätter 111.
 Centaurea, Bewegung der Staubfäden 124 bis 125.
 Cellophanmethode 72.
 Cereus, Erwärmung im direkten Sonnenlichte 28.
 Chelidonium, Tropfenausscheidung 67.
 Chenopodium vulvaria, haucht Trimethylamin aus 36—37.
 Chlorophyllbildung tief im Gewebe 21.
 Chlorophyllkörner, rote 7.
 Chlorose 59.
 Chromogen 54.
 Chromophyton 89.
 Cichorium, Farbenwandlung der Blüte 51.
 Cineraria, weiße Farbe der 10.
 Cirsium, Bewegung der Staubfäden 124.
 Cochlearia bringt selten Samen 160.
 Coleus, Anthokyan 47.
 Crataegus-Blüten hauchen Trimethylamin aus 37.
 Cucumis, Seifenblasen mit ihrem Saft erzeugt 25.
 — Wundsaft reagiert alkalisch 36.
 Cucurbita, Seifenblasen mit dem Saft erzeugt 25.
 — Wundsaft reagiert alkalisch 36.
 — große Pollenkörner 2.

Cucurbitaceen, Wundsaft alkalisch 36.
 Cumarinduft 37—38.
 Cumarinpflanzen 38.
 Cupressineen, Jugendformen der 155.
 Cyclamen, Silberflecke 10.

D.

Daucus, Purpurblüte 177.
 Dentaria bulbifera, trägt selten Früchte 160.
 Dichogamie 162.
 Diervilla, Farbenwandlung der Blüte 50.
 Diffusion 65.
 Drehen des Zweiges 83.
 Drehung, schraubige der Blätter 13—14.
 Druck, osmotischer 65.
 — lokaler 70—71.
 Dunkelkeimer 97.
 Durchlässigkeit des Holundermarks für Luft 30.

E.

Eintagsblüten 136.
 Eisbildung in der Pflanze 130.
 Eisblumen im warmen Zimmer 18—19.
 Eisenmangel und Chlorose 59.
 Eisenspeicherung nach dem Tode 38.
 — an Bretterwänden 39.
 Eistod 130.
 Eiszapfen auf blutenden Bäumen 69.
 Elaeagnaceen, Wurzelknöllchen 62.
 Elaiosom 173.
 Elodea, Umwandlung grüner in braune 57.
 — Ausscheidung von Sauerstoffblasen 190—191.
 Entblätterung und Ruheperiode 102—104.
 Enteromorpha, Weißwerden im Sonnenlichte 56.
 Ephemera-Blüten 136.
 Efeu, jung und alt 155.
 Epilobium, Bewegung der Fruchtkapsel 113.
 Erfrieren 129—131.
 — und Welken 129.
 Erodium, Farbenänderung der Blüte 43.
 — Frucht als Hygrometer 172.
 Erschütterung, bewirkt Abfallen der Verbascum-Blüten 181—184.
 Erschütterungsbewegung wachsender Sprosse 34.
 Erwärmung schwimmender Algenrasen 26.
 — von Pflanzen im direkten Sonnenlichte 27.
 Eschenrinde, Fluoreszenz 24.
 Escheveria, Schädigung im direkten Sonnenlichte 28.
 Etiolement 97.
 Euphorbia, Milchsaftringe 19.
 — Seifenblasen mit Milchsaft 25.
 Explosion der Staubgefäße 184—185.

F.

- Farbe, die weiße der Blätter und Blüten
8—10.
— die schwarze 11—12.
Farben ohne Farbstoffe 22—23.
Farbenwandlung 49.
— einiger Blüten 49—51.
— der *Peltigera* 23.
— — Trichterwinde durch Wassertropfen
und Kohlensäure 44.
— rasch getöteter Gewebe 51.
Fichtenzapfen, Seifenblasen 25.
Ficus religiosa, Träufelspitze 33.
Filago, weiße Farbe 10.
Finger ins Wasser getaucht bleibt trocken
33.
Fliederblüten, Farbenänderung durch
Temperatur 44.
Florideen 7.
Flugeinrichtungen der Samen und Früchte
170.
Fluoreszenz des Äskulins und Fraxins 24.
Forsythia-Blüte, Heterostylie der 164.
Fortpflanzung 150.
— die ungeschlechtliche 150—160.
— — geschlechtliche 160—168.
Franciscea, Farbenwandlung der Blüte 50.
Fraxin, Fluoreszenz 24.
Fraxinus, Fluoreszenz 24.
Fremdbestäubung 161.
Frostspalten 100, 130.
Fruchtbarkeit, Hebung der 82—83.
Früchte, anhängelnde 172.

G.

- Gagea*, Farbenwandlung der Blüte 51.
Gaillardia, Reizbarkeit des Griffels 126.
Galeobdolon, Silberflecke 10.
Gänseblümchen, Reizbarkeit der Strahl-
blüten 126.
Gartenaster, Färbung mit Salzsäure 42.
Gasbewegung 29.
Gefäßbündel, ausziehbare 4.
Gefrieren 129—131.
Geknatter der Blätter 185—186.
Gelenke, Gewebespannung 100.
— und Geotropismus 115.
Gentiana, Reizbarkeit der Blumenkrone
126.
Geotropismus 113—116.
Geranium, Einbohren der Früchte 171 bis
172.
Gewebespannung 100.
Gewebezerreißen 100.
Gnaphalium, seine weiße Farbe 10.
Goldalge 89.
Goodyera, Silberflecke 10.
Grasknoten 115.
— Gewebespannung 100.
Guttation 66—67.

H.

- Haare, ihre weiße Farbe bedingt durch
Luft 10.
Haarverlust 10—11.
Halbschmarotzer 62.
Hallimasch 91.
Hanf, Lebensdauer 135—136.
Helianthemum, Bewegung der Staubfäden
122.
— Verlängerung der Lebensdauer der
Blüten 150.
Helianthus tuberosus bringt selten Früchte
160.
Helichrysum 111—112.
Heliotropismus 116—119.
Heterostylie 163—165.
Heu, Selbsterhitzung des 87—88.
Heuduft 38.
Heufieber 174.
Heuschnupfen 174—175.
Hexenmehl 33—34.
Hibiscus, Erwärmung im Sonnenlichte 28.
— Farbenänderung der Blüte 49.
Hierochloa, Cumarinpflanze 38.
Holundermark, durchlässig für Luft 30.
Holz, leuchtendes 91.
— Porosität des 71—74.
— die eigentliche Wasserbahn 64.
Holzgefäße auf weite Strecken offen 72.
Honigtau 189—190.
Hülsenfrüchte, Wurzelknöllchen 60—61.
Hühnereiweiß, seine Farbe 63.
Hummeln, durchbohren die Blüte 175 bis
176.
Hygrometer, *Erodium*-Frucht als 172.

I.

- Immortellen, Bewegung der Hüllblätter
111.
Impatiens, mit freiem Auge sichtbare
Zellen 2.
— Schleuderfrucht 171.
Infiltrationsmethode 76.
Injektion des Blattes mit Wasser 30.
Ipomea-Blüte, Farbenänderung durch
Temperatur 43.
— — Wassertropfen und Kohlen-
säure 44—45.
— — — der Blüte 51.

J.

- Jahresring, Ausbildung auf der Nord- und
Südseite 6.
— Mittel zur Altersbestimmung 134 bis
135.
Jatropha, Seifenblasen mit dem Saft er-
zeugt 24.
Judasohr 64.
Jugendformen der *Cupressineen* 155.
Juglans, Farbenänderung der Frucht 52.

K.

- Kapillarität 71, 107.
 Kartoffelzelle 3.
 Kartoffel etioliert 98.
 Kartoffelknollen, oberirdische 151.
 Kartoffelpflanze, ohne Frucht 159.
 Kastrieren der Blüten 188.
 Kaudikula, elastische Dehnung der 167.
 Kleistogamie 168.
 Kobaltmethode 78.
 Kohlensäure und Atmung 84.
 Kohlrabiknollen, Zerreißung der 100.
 Kompaßpflanzen 118.
 Kompositen, Bewegung der Staubfäden 123.
 Kopfkohl 98.
 Kopfsalat 98.
 Kork, undurchlässig für Luft 31.
 — hemmt die Transpiration 75.
 Kreuzung, legitime 166.
 Kutikula hemmt die Transpiration 75.

L.

- Lactuca 98 u. 118.
 Lamium, Silberfleck 10.
 — maculatum, Ameisenpflanze 176.
 Laichkraut, rote Chlorophyllkörner 7.
 — Erwärmung des 27.
 Längsspannung 99.
 Lantana camara, blaue Farbe der Früchte 22.
 Lathraea, Durchbrechung des Bodens 67.
 Laubblätter, ihre Wärmeentwicklung 86.
 Laubfall 146—149.
 Leontodon, Bewegung der Staubfäden 125.
 Lebensdauer 131—140.
 — Verlängerung der 149.
 — ungleiche der beiden Geschlechter 135.
 Lentizellen 31.
 Leuchtmoss 90.
 Leuchtpilze 91.
 Lianen als Trinkwasserspender 73.
 Licht und Wachstum 96.
 — — Laubfall 147.
 — dringt durch dickes Holz 74.
 Lichtkeimer 97.
 Lichtlage, fixe 117.
 — variable 118.
 Lichtentwicklung 89.
 Lignin, zerstört durch Atmosphrillen 40.
 Ligusterbeeren, ihre schwarzblaue Farbe 11.
 Linaria 119.
 Lokalisation des Wachstums 95.
 Löwenzahn, Reizbarkeit der Strahlblüten 126.
 Luft, Ursache der weißen Farbe der Blätter und Blüten 8—10.
 Luffa, Gefbndelskelett der Frucht 5.

- Lycium, Farbenwandlung der Blüte 50.
 Lycopodium, Bestimmung des Alters 133.
 Lycopus, Arenchym von 165—166.
 Lythrum, Heterostylie 164—165.
 — Arenchym 165—166.

M.

- Maiskolben, ihre Wärmeentwicklung 86.
 Malven, große Pollenkörner 2.
 Mangansalze, Einlagerung bei Wasserpflanzen 57.
 Melampyrum, Samen ähneln Ameisenpuppen 174.
 — Farbenwandlung der Blüte 50.
 Melone, Wundsaft reagiert alkalisch 36.
 Membranen, halb- und ganz durchlässig 65.
 Mercurialis, Blauglanz der Blätter 22.
 Meridianexzentrizität der Holzkörper 6.
 Milchsafte und das Urphänomen Goethes 21.
 Milchsaftringe 19—20.
 Mimulus, Reizbarkeit der Narbe 125.
 Mistel 96.
 Mohrblte 177.
 Moose, Aufnahme von Wasser durch 80.
 Mycaena 91—92.
 Mycelium x 92.
 Myosotis, Farbenwandlung der Blüte 41.
 Myrmecochorie 173.

N.

- Nachtkerze, Aufblühen der 180—181.
 Narben, reizbare 125—126.
 Neottia, Farbenumschlag 53.
 Nitella 2.
 Nitratpflanzen 58.
 Nord- und Süd im Jahresring 5.
 Nyktinastische Bewegungen 127.

O.

- Oenothera, Verlängerung der Lebensdauer der Blüte 149.
 — Aufblühen 180—181.
 Orchideenblüte, Bestbung der 166—168.
 — Bau der 167.
 Ortsnatur 157.
 Osmose 65.
 Oxalis, Bewegung der Blättchen 120.
 — Pflanzenschlaf 127.
 — Schleuderfrucht 171.
 Oxydase 54.

P.

- Panaschierung 60.
 — infektiöse 60.
 Paris, Bestimmung des Alters 134.
 Peltigera, Farbenänderung 23.
 Perilla, Anthokyan 47.
 Perldrüsen 12—13.

Pferdemist, Selbsterhitzung 87—88.
 Pflanzenschlaf 126—128.
 Pfropfung, verkehrte 154.
 Phaseolus, Seifenblasen mit 25.
 Phototropismus 16.
 Philadelphus, Vergilbung 145.
 Phycoerythrin 7.
 Picea, Bewegung der Zapfenschuppen 109.
 Pilobolus 187.
 Pilzsporen, Verbreitung der 169.
 Pinus, Bewegung der Zapfenschuppen 108.
 Plantago, ausziehbare Gefäßbündel 4.
 Platane, Borkenabwurf 6.
 Platanenhusten 175.
 Pollenkörner, mit freiem Auge sichtbar 2.
 — und Heuschnupfen 175.
 Polygonatum, blaue Farbe der Frucht 23.
 — Bestimmung des Alters 133.
 Polytrichum, Bewegung der Blättchen 110.
 — Altersbestimmung 132.
 Porosität des Holzes 71.
 Portulaca, Bewegung der Staubfäden 123.
 — Irisieren der Samen 123.
 — Verlängerung der Lebensdauer der Blüten 149.
 — Einwirkung des Kastrierens auf die Blüte 188—189.
 Potamogeton, rote Chlorophyllkörner 7.
 — Erwärmung des 27.
 — Durchsichtigkeit der Blätter 35.
 — Eisenspeicherung 38.
 Primula-Blüte, Heterostylie der 163—164.
 Protandrie 162.
 Protogynie 162.
 Prunus mahaleb, Cumarinpflanze 38.
 Pulmonaria, Silberfleck 10.
 Purpurbüte der Mohrrübe 177.

Q.

Quellung 63, 107.
 Quellungsbewegungen 107.
 Querspannung 99.
 Quisqualis, Farbenänderung der Blüte 50.

R.

Ranunculus ficaria, bringt selten Früchte 160.
 Rindenporen 31.
 Ringelung 81—83.
 Rindenring 82.
 Rhododendron, Stellung der Blätter beim Gefrieren 131.
 Robinia wird durch Ringeln getötet 82.
 — Bewegungen der Fiederblättchen 120.
 Roggen-Staubfäden 95.
 Rohr, spanisches 71.
 Roßkastanienrinde, Fluoreszenz 24.
 Rotalgen 7.

Rotfärbung der Chlorophyllkörner 7.
 Ruheperiode 100—105.
 — freiwillige 101.
 — unfreiwillige 101.
 — Aufhebung der 102.

S.

Säfte, alkalische 36.
 — saure 36.
 Saftstrom, umgekehrter 79—80.
 Salix fragilis, Brüchigkeit der Zweige 5.
 Salomonssiegel 133.
 Salpeterpflanzen 58.
 Sambucus, Blauglanz der Blätter 22.
 Samen, Kleinheit der 170.
 — Verbreitung durch Ameisen 171.
 Samtblätter 32.
 Sauerstoff und Atmung 84.
 — — Laubfall 147.
 Sauerstoffblasen, ausgeschieden durch die weibliche Blüte von Elodea 190—192.
 Saure Säfte 36.
 Schattenbilder von Blättern 178.
 Schildläuse auf Zitronenfrüchten 145 bis 146.
 Schistostega 90.
 Schleimfluß der Bäume 70—71.
 Schleuderfrüchte 171.
 Schraubenbänder der Holzgefäße 3.
 Schwefelregen 161.
 Schwerkraft und Wachstum 113—116.
 Seifenblasen, mit dem Saft von Pflanzen 24—26.
 Selaginella, Rotfärbung des Laubes 7.
 — Blauglanz 22.
 Selbstentzündung des Heues 88.
 Selbsterhitzung des Pferdemistes und Heues 87—88.
 Samen lycopodii 33.
 Sempervivum. Erwärmung im direkten Sonnenlichte 27.
 — Schädigung im direkten Sonnenlichte 28.
 Silberfleck in Blättern 10.
 Silberglanz der Blätter unter Wasser 32.
 Silene nutans, in der Nacht duftend 179 bis 180.
 Skelettierung der Blätter 4—5.
 — — Stechapfelfrucht 4—5.
 Sorbus aucuparia, Blüten hauchen Trimethylamin aus 37.
 Spaltöffnungen, Bau der 76.
 — und Gasaustausch 29, 76.
 Spanisches Rohr 71.
 Spargel, etioliert 98.
 Spiraldrehung in der Blüte von Phaseolus 15.
 Sporenbilder der Hutpilze 169.
 Spreublume, Färbung mit Salzsäure 42.
 Sproßigenschaften, Erhaltung 154.

Sproßindividualität 154.
 Stammschlinge 83.
 Staubgefäße, explodierende 184—185.
 Steckling 151.
 Stellaria, ausziehbare Gefäßbündel 4.
 Stengel, Lokalisation des Wachstums 95
 bis 96.
 Sukkulente, Atmung der 180.

T.

Tabakrauch und Laubfall 148.
 Todesring, ein enzymatischer Vorgang 53.
 Topophysis 157.
 Transpiration 74—80.
 — und Laubfall 146.
 Trapa, Eisenspeicherung 38.
 Träufelspitze 32—33.
 — und Benetzbarkeit 32.
 — von Ficus religiosa 33.
 Tremellineen 64.
 Trennungsschichte 146.
 Trimethylamin 36.
 Triticum repens, Drehung der Blätter 14.
 Turgor 119.
 Turgorbewegungen 119—128.

U.

Ulva, Weißwerden toter im Sonnenlichte
 56.
 Undurchlässigkeit des Korkes für Luft 31.
 Unsterbliche, Bewegung der Hüllblättchen
 111.
 Unterschied zwischen Pflanze und Tier
 105—107.
 Urphänomen Goethes 21.

V.

Vanillin im Holze 48.
 Verbascum, Abfallen der Blüten 181—184.
 Verdunstung 85.
 Vergrauung des Holzes 39—40.
 Vergilbung des Blattes 140—144.
 Vergilbung und Lichtabschluß 140.
 — — Temperatur 141.
 — — Sauerstoff 141.
 — eine Alterserscheinung 142—143.
 — verzögerte 143.
 Veronica chamaedrys, Abfallen der Blüten
 184.
 Vicia sepium, Ameisenpflanze 170.

Vicia faba, schwarzgefleckte Blüte.
 Viburnum tinus, Glanz der Früchte 22.
 — Wriethii, Schwarzwerden der Blätter
 55.
 Viola, schwarze Blüten 11.
 — kleistogame Blüten 168.

W.

Wachstum 94.
 — und Licht 96.
 Wachstumsbewegungen 113—119.
 Wachsüberzüge 11.
 Warmbad und Ruheperiode 104—105.
 Wärmeausstrahlung 85.
 Wärmeentwicklung der Blätter 85—88.
 Wasser, Aufnahme durch Blätter 80.
 Wasserbewegung 62.
 Wasserkelch 13.
 Weidenröschen, Bewegung der Fruchtkapsel 113.
 Weißwerden toter Blätter im Sonnenlichte
 50.
 Welken 75.
 — abgeschnittener Sprosse 79.
 — und Erfrieren 129.
 Wetterdistel 111.
 Widertonmoos, Bewegung der Blättchen
 110.
 Windblütler 61.
 Winterknospen, Eindringen der 188.
 Wurzelbildung, erschwerte 159.
 Wurzel, Lokalisation des Wachstums 96.
 Wurzeldruck 65.
 Wurzelkontraktion 188.
 Wurzelhaustorien 62.
 Wurzelknöllchen 60—62.
 Wurzelstecklinge 152.

X.

Xeranthemum, Färbung der Blüten mit
 Salzsäure 42.

Z.

Zapfenschuppen, ihre Bewegung 108.
 Zauberring 82.
 Zellen, mit freiem Auge sichtbar 2.
 Zitronenfrucht, mit grünen Punkten 145
 bis 146.
 Zitterpilze 64.
 Zweigstecklinge 152.

Hans Molisch

Grundriß einer Histochemie der pflanzlichen Genußmittel. Mit 15 Holzschnitten im Text. 65 S. gr. 8° 1891 Rmk 2.—

Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen. Eine physiologische Studie. Mit einer farbigen Tafel. VIII, 119 S. gr. 8° 1892 Rmk 3.—

Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen. Mit 11 Holzschnitten im Text. VIII, 73 S. gr. 8° 1897 Rmk 2.50

Studien über den Milchsaft und Schleimsaft der Pflanzen. Mit 33 Holzschnitten im Text VIII, 111 S. gr. 8° 1901 Rmk 4.—

Die Purpurbakterien nach neuen Untersuchungen. Eine mikrobiologische Studie. Mit 4 Tafeln. VII, 95 S. gr. 8° 1907 Rmk 5.—

Die Eisenbakterien. Mit 12 Abbild. im Text und 3 Chromotafeln. VI, 84 S. gr. 8° 1910 *vergriffen*

Das Warmbad als Mittel zum Treiben der Pflanzen. Mit 12 Abbild. im Text. VI, 38 S. gr. 8° 1909 Rmk 1.20

Leuchtende Pflanzen. Eine physiologische Studie. Zweite, vermehrte Auflage. Mit 18 Abbild. im Text und 2 Tafeln. VIII, 200 S. gr. 8° 1912 *vergriffen*

Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. Für Botaniker, Gärtner, Landwirte, Forstleute und Pflanzenfreunde. Sechste, neubearbeitete Auflage. Mit 171 Abbild. im Text. XII, 368 S. gr. 8° 1930 Rmk 16.—, geb. 18.—

Anatomie der Pflanze. Dritte, neubearbeitete Auflage. Mit 150 Abbild. im Text. VIII, 152 S. gr. 8° 1927 Rmk 6.50, geb. 8.—

Mikrochemie der Pflanze. Dritte, neubearbeitete Auflage. Mit 135 Abbild. im Text. XII, 438 S. gr. 8° 1923 Rmk 8.—, geb. 10.—

Pflanzenbiologie in Japan auf Grund eigener Beobachtungen. Mit 84 Abbild. im Text. X, 270 S. gr. 8° 1926 Rmk 14.—, geb. 16.—

Die Lebensdauer der Pflanze. Mit 39 Abbild. im Text. VIII, 168 S. gr. 8° 1929 Rmk 7.50, geb. 9.—

Inhalt: I. Einleitung. / II. Lebensdauer. 1. Die Unsterblichkeit der Einzelligen. 2. Die Lebensdauer der Vielzelligen. 3. Von der verschiedenen Lebensdauer und ihren mutmaßlichen Ursachen. 4. Lebensdauer und systematische Verwandtschaft. 5. Ungleiche Lebensdauer der beiden Geschlechter. 6. Die Lebensdauer der Organe. 7. Über den Tod und die Lebensdauer der Gewebezelle. / III. Über die Mittel, das Leben der Pflanze zu verlängern. / IV. Verjüngung. / V. Der Scheintod. 1. Begriff. 2. Lebensreaktionen. 3. Vorkommen des Scheintodes bei Tieren, Moosen, Algen, Pilzen, Samen. 4. Zeitweise völlige Unterbrechung des Lebens. / VI. Über das Altern, den Tod und die angebliche potentielle Unsterblichkeit des Baumes. — Autoren- und Sachverzeichnis.

Hans Molisch

Populäre biologische Vorträge

Zweite, durchgesehene und erweiterte Auflage

Mit 71 Abbild. im Text. IV, 306 S. gr. 8° 1922 Rmk 3.—, geb. 4.50

Inhalt: 1. Goethe als Naturforscher. 2. Eine Wanderung durch den javanischen Urwald. 3. Reiseerinnerungen aus China und Japan. 4. Das Leuchten der Pflanzen. Mit 8 Abbild. 5. Warmbad und Pflanzentreiberei. Mit 4 Abbild. 6. Ultramikroskop und Botanik. Mit 1 Abbild. 7. Das Erfrieren der Pflanzen. Mit 7 Abbild. 8. Über den Ursprung des Lebens. 9. Das Radium und die Pflanze. Mit 13 Abbild. 10. Der Naturmensch als Entdecker auf botanischem Gebiet. Mit 2 Abbild. 11. Der Scheintod der Pflanze. Mit 1 Abbild. 12. Die Verwertung des Abnormen und Pathologischen in der Pflanzenkultur. Mit 4 Abbild. 13. Biologie des atmosphärischen Staubes (Aëroplankton). Mit 8 Abbild. 14. Die Wärmeentwicklung der Pflanze. Mit 5 Abbild. 15. Die Herstellung von Photographien in einem Laubblatte. Mit 3 Abbild. 16. Über die Kunst, das Leben der Pflanze zu verlängern. Mit 4 Abbild. 17. Botanische Paradoxa. Mit 3 Abbild. 18. Goethe, Darwin und die Spiraltendenz im Pflanzenreich. Mit 3 Abbild. 19. Das lebende Reagens. Mit 5 Abbild. — Autorenverzeichnis.

Kölnische Zeitung, 14. März 1921: . . . Molisch ist ein Meister auf dem Gebiet der volkstümlichen Darstellung; ob er von seinen Reiseerlebnissen in Ostasien erzählt, oder vom Erfrieren der Pflanze, oder ihrer Wärmeentwicklung; er weiß zu fesseln, und dadurch, daß er den Leser jedesmal auf ein von ihm selbst beachtetes Gebiet führt, versteht er es meisterhaft, zu belehren. . . . Man merkt fast allen den Vorträgen an, daß der Verfasser gerade als Mann der Wissenschaft die Bedeutung der Praxis für die Lösung vieler botanischer Fragen sehr hoch schätzt, und deshalb wird neben dem eigentlichen Fachmann auch der Berufsgärtner und Gartenfreund von den Vorträgen reiche Anregung und Freude erfahren.

Janson.

Als Naturforscher in Indien

Mit 114 Abbildungen im Text

XII, 276 S. gr. 8° 1930 Rmk 13.—, geb. 14.50

Inhalt: 1. Einleitung. 2. Bose und sein Institut. 3. Ein Spaziergang in Kalkutta. 4. Eine Fahrt auf dem Ganges (von Kalkutta bis Faltha). 5. Der botanische Garten in Kalkutta. 6. Eine indische Hochzeit. 7. Indische Fechter. 8. Eine Wallfahrt nach Belur. 9. Über die Gewinnung von Zuckersaft aus Palmen in Indien. 10. Der „weinende“ Mangobaum. 11. Ameisennester auf Bäumen. Ameisen, die Pilze züchten. 12. Über die Farbenwandlung einiger Blüten. 13. Blüten, die in Indien gegessen werden. 14. Die Mangrove in den Salzseen von Kalkutta. 15. Über das ungleichmäßige Austreiben und den Laubfall der Gehölze von Kalkutta. 16. Über eine häufige Wasserblüte, hervorgerufen durch *Euglena sanguinea*, und ihre merkwürdige Farbenwandlung. 17. Über eine auffallende optische Erscheinung an den Früchten von *Lantana Camera*. 18. *Eichornis crassipes*, die indische Wasserpest. 19. Über die kurze Lebensdauer der „Einjährigen“ in den Tropen. 20. Gartenstil und Gartenbau in Indien. 21. Über das Vorkommen eines Kautschukparenchyms in der Frucht von *Achras Sapota* Willd. 22. Über einige bemerkenswerte Eigenschaften der Palmen. 23. Über Peori und den mikrochemischen Nachweis des Mangins im Mangobaum, *Mangifera indica*. 24. *Ageratum conyzoides* Linn., eine Cumarinpflanze. 25. *Nyctanthes Arbor tristis*, eine indische Farbstoffpflanze. 26. Über den Hennafarbstoff. 27. Über das massenhafte Vorkommen von Eiweißkristallen im Milchsaft des Mangobaumes. 28. Über die Erwärmung von Pflanzenteilen im direkten Sonnenlichte. 29. Kosmopoliten. 30. Darjeeling, das Himalajaparadies. 31. Indische Tagesfragen. (Erziehung und Schule. Hygiene. Kastenwesen. Frauenfragen.) 32. Heimwärts.

Der biologische Lehrausflug

Ein Handbuch für Studierende und Lehrer aller Schulgattungen
Unter Mitwirkung von hervorragenden Fachmännern

herausgegeben von

Prof. Dr. Walther Schoenichen

Mit 37 Abbildungen im Text.

XI, 269 S. gr. 8°

1922

Rmk 6.—, geb. 7.50

Inhalt: *I. Botanik.* 1. Botanische Lehrausflüge. Von Dr. Eberh. Ulbrich, Kustos am Botan. Museum Berlin-Dahlem. 2. Führungen im botanischen Garten. Von Prof. Dr. Ludw. Diels, Direkt. d. Botan. Gartens Berlin-Dahlem. — *II. Zoologie.* 3. Der zoologische Lehrausflug. Von Dr. Paul Deegener, Prof. a. d. Univers. Berlin. 4. Der entomologische Lehrausflug. Von Prof. Dr. Rich. Vogel, Privatdoz. d. Zoologie a. d. Univers. Tübingen. 6. Führungen im zoolog. Garten. Von Prof. Dr. Walter Schoenichen, Berlin. — *III. Allgemeine Biologie.* 7. Der hydrobiologische Lehrausflug. I. Binnengewässer. Von Prof. Dr. August Thienemann, Plön. (Mit 37 Abbild.) II. Die Meeresküste. Von Dr. Arthur Hagmeier, Kustos a. d. Staatl. Biolog. Anst. auf Helgoland. 9. Die Untersuchung von Lebensgemeinschaften. Von Oberstudiendirektor Prof. Dr. Karl Matzdorff, Berlin. 10. Botan. und zoolog. Naturdenkmäler. Von Prof. Carl Schulz, Berlin. — *IV. Angewandte Biologie.* 11. Der landwirtschaftl. Lehrausflug. Von Prof. Dr. Wilh. Seedorf, Göttingen. 12. Ausflüge in Baumschulen und Gärtnereien. Von Prof. Dr. Paul Graeber, Berlin. 13. Volkstüml. und künstlerische Gartengestaltung. Von Prof. Dr. Ernst Küster, Gießen. 14. Der forstwirtschaftlich-biologische Lehrausflug. Von Geh. Reg.-Rat Dr. Karl Eckstein, Prof. a. d. forstl. Hochschule Eberswalde. 15. Der fischereiwirtschaftliche Lehrausflug. Von Geh. Reg.-Rat Dr. Karl Eckstein, Prof. a. d. forstl. Hochschule Eberswalde. — Sachregister.

Botanisches Centralblatt, Bd. 144 (1923), Heft 11: Dieses Handbuch soll den Lehrern und Dozenten der Biologie aller Schulgattungen, auch der Hochschulen, die Möglichkeiten der Ausgestaltung biologischer Lehrausflüge zeigen. Es bietet eine erstaunliche Fülle von Hinweisen jeglicher Art, weist literarische und technische Hilfsmittel nach, teilt aus der Praxis heraus zahlreiche Erfahrungen und Ratschläge mit, deren Beachtung Verlauf und Erfolg der Ausflüge günstig beeinflussen können. Als besonders willkommen dürfte es in diesem Zusammenhang empfunden werden, daß Vertreter der angewandten Biologie zu Worte gekommen sind. Dörries, Berlin-Zehlendorf.

Zoologischer Bericht, Bd. 2, Heft 9/11: Der Zweck des Buches ist die Darstellung aller Möglichkeiten des biologischen Lehrausfluges und aller technischen und literarischen Hilfsmittel zu seiner Vorbereitung: seine methodischen Hauptziele sind: Eigentätigkeit der Schüler und Erziehung zur Naturliebe. Die 15 Einzel Darstellungen nehmen stets aufeinander Bezug und behandeln außer ihrem besonderen Stoff auch die besonderen Aufgaben des betreffenden Gebietes und seine Methodik und Technik, wie Beobachtung, Fang, Präparation und Sammlung bis in alle Einzelheiten. Fernau.

Saarländer Schulzeitung, 1923, Nr. 18: . . . Das Buch wagt viel: es bringt die ganz großen Zusammenhänge und ihre kausale Natur. Nicht nur Lebensgemeinschaften, sondern das, was viel wichtiger und bestimmender für die verschiedenen Lebensseinheiten ist: die Gesetze, welche die Lebensgemeinschaften beherrschen. Hier tritt uns das Gesetz des Schutzes entgegen, durchgeführt an vielen Organismen. Das Gebiet des Stoffwechsels und der Ernährung zieht sich durch alle Kapitel, die Gesetze der Bewegung — vor allem chemisch-physikalischer Art — begegnen uns, Individuation, Kampf ums Dasein, alle lebensbeherrschenden Forderungen sind hier berücksichtigt. Hier steht der Lehrende tatsächlich auf erhöhtem Standpunkt und kann die Schüler selbst suchen und finden lassen. Das Buch vom Standpunkt des Wissenschaftlers und Lehrers betrachtet, erfüllt alle Wünsche. . . Hier kann erarbeitet werden, hier ist Heimatprinzip und Lebenskunde — das Buch ist eine glänzende Tat.

W. Ziegelmayr.

Ein Lehrjahr in der Natur

Anregungen zu biologischen Spaziergängen für Wanderer und Naturfreunde

Von

Dr. Paul Deegener

Professor der Zoologie an der Universität Berlin

Zwei Teile

VIII, 204 S. und 298 S. gr. 8° 1922 Rmk 7.50, geb. 10.50

Inhalt: 1. Durchs Annatal zum Herrensee nach Strausberg. 2. Eine Wanderung im April. 3. Naturfremd. 4. Ein Maitag bei dem Wolfsmilchspinner. 5. Im Briesetal bei Birkenwerder. 6. Im Luch bei Kremmen. 7. Am Straussee. 8. Im Brieselang. 9. Zum Parsteiner See und Plage-See. 10. Auf dem Großstadtbalkon. 11. Mit dem „Heimatwanderer“ zum Postbruch und Blötzsee. 12. Frühherbst im Blumental. 13. Schorfheide. 14. Naturrätsel. 15. Im Nebelmond. 16. Ein nachdenklicher Dezembertag. — Schluß. Sachregister.

Natur. 1923, Heft 15. . . . Hier wird mit großer Einfachheit und Sachlichkeit das Biologische, wie es uns draußen in der Natur in Pflanze und Tier vor Augen tritt, unaufdringlich und nicht lehrhaft dargestellt. Wir leben und wandern mit dem Verfasser, auch wenn wir nicht in der Mark wohnen, denn seine Beobachtungen in Wald und Flur, in Teich und Fluß, in, auf und über der Erde lassen sich vielfach in allen deutschen Landen machen. Zu der Anschaulichkeit der Darstellung und den Anregungen zur Beobachtung kommt noch ein anderes, was wir vielfach in der Literatur vermissen: die kritische Einstellung hinsichtlich der Entwicklungslehre, insonderheit in bezug auf den Darwinismus. . . . Deegeners Buch gehört zu den wenigen, die an der stumpfen Nachbeterei von herkömmlichen Schlagworten kritisch rütteln und zur denkenden Betrachtung der Dinge erziehen.

(B. Sch.)

Von demselben Verfasser:

Der Tag ist mein

Wanderungen mit einem Naturfreunde

IX, 421 S. gr. 8° 1927 Rmk 16.—, geb. 18.—

Inhalt: 1. Am Wegrande. 2. Durch Wald und Luch. 3. An märkischen Seen und Tümpeln. 4. Eine Lehrfahrt nach Hiddensö. 5. Auf der Endmoräne. 6. In den Alpen. 7. An Bächen und Gräben. 8. Eine Lehrfahrt nach dem Darß. 9. Wege und Rätsel der Natur.

Naturschutz, Juli 1927. . . . Wer mit Deegener gewandert ist, wer sein „Lehrjahr“ kennt, weiß, wie er sieht, lehrt und schreibt. Keine fachliche Einseitigkeit; es ist bewunderungswürdig, wie der Zoologe auf geologischem und botanisch-floristischem Gebiete Bescheid weiß. Wer noch nicht wußte, wie unendlich reich die Natur der Heimat ist, erhält hier einen Begriff davon. Und nicht minder beweist das Werk, welche hohen Werte dort zu finden sind. . . . Deegener ist eine Kampfnatur, aber kein Dogmatiker, der seinerseits blinden Glauben verlangt. Ihm steht das „Forschen“ viel höher als das „Erforschte“. Er weiß, daß die Biologie die Wissenschaft von den Rätseln der Natur bleibt, und daß wir innere Zusammenhänge bestenfalls ahnen, nicht aber ergründen können. Jedes seiner Worte kündigt Bescheidenheit und Ehrfurcht.

(H. Klose.)